

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Д.М. Рославцев

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до самостійної роботи і виконання практичних занять  
з дисципліни **«Основи наукових досліджень»**

(для студентів напрямку підготовки 1004 (6.070101)- «Транспортні технології»)

Методичні вказівки до самостійної роботи і виконання практичних занять «Основи наукових досліджень» для студентів напрямку підготовки 1004 (6.070101) - «Транспортні технології» / Укл.: Рославцев Д.М. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 91 с.

Укладач: Д.М. Рославцев

Рецензент: О.М. Горяїнов

Рекомендовано кафедрою транспортних систем і логістики,  
протокол № 1 від 28.08.08 р.

## ЗМІСТ

Завдання	Стор.
<b>Розділ 1 Планування експерименту .....</b>	<b>4</b>
Практичне завдання №1. Відбір чинників експертним методом.....	4
Практичне завдання №2. Відсіювання чинників за наслідками попереднього експерименту.....	8
Практичне завдання №3.Визначення мінімального необхідного числа вимірювань, розподілених за нормальним законом, за наслідками попереднього експерименту .....	12
Практичне завдання №4.Планування повного факторного експерименту.....	17
Практичне завдання №5. Побудова емпіричних рядів регресії .....	20
Практичне завдання №6.Рівняння і коефіцієнти регресії .....	22
Практичне завдання №7.Кореляційне відношення .....	26
<b>Розділ 2 Обробка експериментальних даних .....</b>	<b>30</b>
Практичне завдання №8.Перевірка відтворюваності дослідів .....	30
Практичне завдання №9.Вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів. Прямолінійна залежність.	33
Практичне завдання №10.Вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів. Показова функція .....	36
Практичне завдання №11.Вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів. Вирівнювання рядів за поліномом .	39
Практичне завдання №12.Опис дослідних даних нормальним законом розподілу .....	43
Рекомендована література .....	48
ДОДАТОК А (Практичне завдання № 1) .....	49
ДОДАТОК Б (Практичне завдання № 2) .....	54
ДОДАТОК В (Практичне завдання № 3) .....	57
ДОДАТОК Г (Практичне завдання № 4) .....	63
ДОДАТОК Д (Практичне завдання № 5) .....	66
ДОДАТОК Є (Практичне завдання № 6) .....	70
ДОДАТОК Ж (Практичне завдання № 7) .....	76
ДОДАТОК З (Практичне завдання № 8) .....	78
ДОДАТОК І (Практичне завдання № 9) .....	83
ДОДАТОК К (Практичне завдання № 10) .....	85
ДОДАТОК Л (Практичне завдання № 11) .....	87
ДОДАТОК М (Практичне завдання № 12) .....	88

## **РОЗДІЛ 1. ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ**

### **Практичне завдання №1. ВІДБІР ЧИННИКІВ ЕКСПЕРТНИМ МЕТОДОМ**

**Мета заняття** - ознайомитися з апіорною оцінкою чинників, набути навички ранжирування чинників.

**Завдання.**

Розрахувати коефіцієнт конкордації, побудувати діаграму рангів.

**Вихідні дані.**

Результати дослідження залежності швидкості автомобіля від радіусу кривої в плані на гірських дорогах. Варіанти вихідних даних подані в додатку А.

#### **Короткі теоретичні відомості**

Метод експертних оцінок— метод аналізу й оцінки процесів на основі думки кваліфікованих експертів. Включає генерацію ідей у процесі обговорення, проведеного групою фахівців, і відбору кращого рішення, виходячи з експертних оцінок. Метод використовується для експертного прогнозування.

Коефіцієнт конкордації Кендалла характеризує кількісну міру погодженості думок експертів. Коефіцієнт конкордації може змінюватися від 0 до 1. Якщо він істотно відрізняється від нуля, то можна вважати, що між думками експертів є певна згода. Для наочного подання про вагомість факторів можна будувати апіорну діаграму рангів. Апіорна діаграма рангів дозволяє попередньо відібрати найбільш дієві чинники.

#### **Порядок виконання завдання**

1. Академічну групу розбивають на підгрупи. При парному числі чинників підгрупа повинна складатися з парного числа студентів.
2. Студенти кожної підгрупи виконують роль експертів.
3. Кожна підгрупа одержує список чинників для оцінки відповідно до заданого варіанта.
4. Проводять оцінку чинників, обробку і аналіз результатів оцінки.

#### **Методичні рекомендації до виконання роботи**

1. Обрати вихідні дані згідно варіантом з додатку А і подати у вигляді табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Початкові дані (варіант *N*)

Чинники	Позначення чинників
Модель автомобіля	$X_1$
Радіус кривої на плані	$X_2$
Крутизна поперечного ухилу проїжджої частини на віражі	$X_3$
Слизькість покриття проїжджої частини	$X_4$

2. Експерти повинні проранжирувати чинники. Якщо експерти вважають, що список неповний, то вони доповнюють його новими чинниками.

3. Результати ранжирування зводять в матрицю рангів, (табл. 1.2.)

Таблиця 1.2 – Матриця рангів

Чинники	Експерти				Сума рангів, $r_i$
	1	2	3	4	
Модель автомобіля	1	2	2	1	6
Радіус кривої на плані	2	1	1	2	6
Крутизна поперечного ухилу проїжджої частини на віражі	3	3	4	3	13
Слизькість покриття проїжджої частини	4	4	3	4	15

4. Обчислити суму рангів  $r_i$  по кожному чиннику за формулою

$$r_i = \sum_{j=1}^m r_{ij}, \quad (1.1)$$

де  $r_{ij}$  - ранг для  $i$ -го чинника  $j$ -го експерта;

$m$  – кількість експертів.

$$r_1 = 1 + 2 + 2 + 1 = 6.$$

5. Визначити середнє арифметичне значення суми рангів за формулою:

$$\bar{r} = \frac{\sum r_i}{n}, \quad (1.2)$$

де  $n$  – кількість чинників;

$r_i$  - сума рангів по  $i$ -му чиннику.

$$\bar{r} = \frac{6 + 6 + 13 + 15}{4} = 10.$$

6. Обчислити відхилення суми рангів від середнього за формулою

$$\Delta r_i = r_i - \bar{r}, \quad (1.3)$$

$$\Delta r_1 = 6 - 10 = -4.$$

Аналогічно розраховують для інших чинників. Результати розрахунків зводять до табл. 1.3.

7. Підрахувати квадрати відхилень  $\Delta r_i^2$  :

$$\Delta r_1^2 = (-4)^2 = 16.$$

Аналогічно розраховують для інших чинників. Результати розрахунків зводять до табл. 1.3.

8. Обчислити суму квадратів відхилень за формулою

$$S = \sum_{i=1}^n \Delta r_i^2, \quad (1.4)$$

$$S = 16 + 16 + 9 + 25 = 66.$$

Результати розрахунків зводимо до табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати розрахунків

Експерти	Чинники			
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
1	1	2	3	4
2	2	1	3	4
3	2	1	4	3
4	1	2	3	4
Сума рангів, $r_i$	6	6	13	15
Відхилення суми рангів від середнього, $\Delta r_i$	-4	-4	3	5
Квадрати відхилення, $\Delta r_i^2$	16	16	9	25

9. Визначити коефіцієнт конкордації за формулою

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (1.5)$$

$$W = \frac{12 \cdot 66}{4^2(4^3 - 4)} = 0,825.$$

10. У техніці допустиме значення вірогідності приймають  $P_d = 0,05$ . Знайдемо табличне значення вірогідності перевищення  $P_t$  залежно від  $n$  і  $m$  (табл. 4). При  $n=4, m=4, S=66, P_t = 0,0062$ .

Оскільки  $P_t < P_d$ , то можна вважати, що одержаний коефіцієнт конкордації значущий і думка експертів не випадкова.

11. Побудувати апріорну діаграму рангів, рис. 1.1.

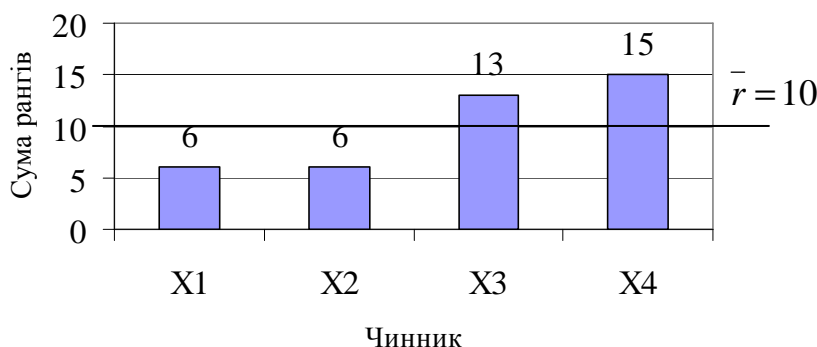


Рис. 1.1 – Апріорна діаграма рангів

12. Ухвалюється рішення про включення чинників у фізичний експеримент. Оскільки чинник X4 за набраною сумою рангів значно відрізняється від інших, то він може бути виключений з подальшого фізичного експерименту.

13. Зробити висновок щодо апріорної оцінки чинників й значущості думки експертів.

### Питання до самостійної роботи

1. Як визначити ранг факторів?
2. Що характеризує коефіцієнт конкордації?
3. В яких межах змінюється коефіцієнт конкордації?
4. Як оцінюють значущість за коефіцієнтом конкордації?
5. Які ознаки діаграми рангів дозволяють відсіювати фактори подальшого експерименту?

## **Практичне завдання № 2.**

### **ВІДСІЮВАННЯ ЧИННИКІВ ЗА НАСЛІДКАМИ ПОПЕРЕДНЬОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ**

**Мета заняття** – придбання навиків відсіювання незначущих чинників за наслідками попереднього (пошукового) експерименту.

#### **Завдання.**

1. Оцінити тісноту зв'язку між факторами  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  при умові, що відомі їх значення, отримані в попередньому експерименті.
2. Вирішити, який з факторів може бути виключений з подальшого фізичного експерименту.

#### **Вихідні дані.**

Варіанти вихідних даних подати в додатку Б.

### **Короткі теоретичні відомості**

Кореляція – величина, що характеризує взаємну залежність двох випадкових величин, не припускає причинної залежності. Рангова кореляція — міра залежності між випадковими величинами, коли цю залежність неможливо визначити кількісно за допомогою звичайного коефіцієнта кореляції. Процедура встановлення коефіцієнта рангової кореляції (коефіцієнту Спірмена) полягає в упорядкуванні досліджуваних об'єктів відносно деякої ознаки, тобто їм приписуються порядкові номери — ранги. Значення коефіцієнту рангової кореляції змінюється в інтервалі від «-1» до «+1». Значення, рівне «0», відповідає відсутності зв'язку між змінними. Значення, рівне «+1», свідчить про повний прямий зв'язок, значення, рівне «-1», - про повний зворотний зв'язок.

Для того щоб задовольнитися в значущості коефіцієнта рангової кореляції, інакше кажучи, одержати впевненість у вірогідності виявленої між порівнюваними рядами зв'язку, необхідно зробити ще деякі обчислення. Із цією метою прийнято користуватися t-критерієм Стюдента, що дозволяє оцінити рівень значущості отриманої кореляції. Критерій Стюдента був розроблений англійським хіміком У. Госсетом, коли він працював на пивоварному заводі Гіннеса й за умовами контракту не мав права відкритої публікації своїх досліджень. Тому публікації своїх статей по t-критерію У.Госсет зробив в 1908р. у журналі "Биометрика" під псевдонімом "Student", що в перекладі означає "Студент".

### **Порядок виконання завдання**

1. Обрати вихідні дані для проведення розрахунків.
2. Провести ранжирування чинників і визначення коефіцієнтів кореляції, їх помилок і значущості.
3. Зробити висновок про можливість виключення з подальшого фізичного експерименту незначущих чинників.
4. Скласти список чинників для подальшого дослідження.



## Методичні рекомендації до виконання роботи

2. Обрати вихідні дані згідно з варіантом з додатку Б та Подати у вигляді табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Числові значення факторів (варіант N)

X1	50	17	15	40	30	15	25	17	15
X2	115	90	83	106	100	134	110	77	80
X3	55	15	15	45	15	45	35	35	30

3. Розглянути перші два чинники X1 і X2. Значення першого чинника розташувати в зростаючому порядку і кожному значенню привласнити порядковий номер, табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Розподіл чинника X1

Порядковий номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значення чинника X1	15	15	15	17	17	25	30	40	50

Аналогічно розташувати значення другого чинника X2, табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Розподіл чинника X2

Порядковий номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значення чинника X2	77	80	83	90	100	106	110	115	134

2. Розрахувати ранги кожного значення чинників X1 і X2. У разі значень чинників, що повторюються, в ряду їм присвоюють дробові ранги - середнє арифметичне з порядкових номерів значень чинників, розміщених у зростаючому порядку.

Таблиця 2.4 – Ранжирування чинників X1 і X2

Чинники і ранги	Порядкові номери								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значення чинника X1	15	15	15	17	17	25	30	40	50
Ранги чинника X1	2	2	2	4,5	4,5	6	7	8	9
Значення чинника X2	115	90	83	106	100	134	110	77	80
Ранги чинника X2	8	4	3	6	5	9	7	1	2

4. Визначити різницю між рангами, квадрати різниць і суму квадратів різниць.

Таблиця 2.5 – Результати обробки ранжирування чинників

Ранги значень X1	2	2	2	4,5	4,5	6	7	8	9
Ранги значень X2	8	4	3	6	5	9	7	1	2
Різниця рангів, $d$	-6	-2	-1	-1,5	-0,5	-3	0	7	7
Квадрат різниці рангів, $d^2$	36	4	1	2,25	0,25	9	0	49	49
Сума квадратів різниці рангів, $\sum d^2$	150,5								

4. Обчислити коефіцієнт рангової кореляції за формулою Ч. Спірмена.

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum d^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (2.1)$$

де  $n$  – число значень чинників у ряді. Для даного прикладу  $n = 9$ .

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot 150,5}{9(9^2 - 1)} = -0,254$$

5. Провести оцінку сили зв'язку між чинниками:

при  $\rho < 0,1$  - немає зв'язку;  
при  $0,1 < \rho < 0,7$  - середній зв'язок;  
при  $0,7 < \rho < 1,0$  - сильний зв'язок.

У даному випадку зв'язку немає.

6. Обчислити середньоквадратичну помилку коефіцієнта рангової кореляції.

$$m_\rho = \frac{1 - \rho^2}{\sqrt{n - 1}} \quad (2.2)$$

7. Перевірити значущість коефіцієнта рангової кореляції за  $t$ -м критерієм Стьюдента.

$$t_\rho = \frac{\rho}{m_\rho} \quad (2.3)$$

8. За табл. 2.1 вибрати табличне значення  $t$ -критерію для рівня значущості  $P = 0,05$  (5-відсотковий рівень).

9. Фактичне значення  $t$ -критерію порівняти з табличним (табл. 2.6),  $t_m = 2,262$  ( $t = 0,485(t_c = 2,262)$ ), що свідчить про низьку значущість одержаного коефіцієнта рангової кореляції.

Низька значущість коефіцієнта рангової кореляції свідчить про те, що з двох чинників жодного не можна виключити з експерименту, бо вони мають додаткову інформацію про об'єкт по відношенню до другого.

Висока значущість коефіцієнта рангової кореляції свідчить про те, що будь-який з двох чинників, що аналізуються, можна виключити з експерименту, бо жодний з них не має ніякої додаткової інформації про об'єкт по відношенню до другого.

В даному випадку формули (2.2) і (2.3) не розраховуються, тому що між чинниками, що розглядаються немає зв'язку. В зв'язку з цим з експерименту ми можемо виключити будь-який з чинників.

Припустимо, що в нашому варіанті з фізичного експерименту виключається другий чинник  $X_2$ .

Таблиця 2.6 – Значення  $t$ -критерію Стюдента при 5- відсотковому рівні значущості

n	t	n	t	n	t
1	12,71	11	2,201	21	2,080
2	4,303	12	2,179	22	2,074
3	3,182	13	2,160	23	2,069
4	2,776	14	2,145	24	2,064
5	2,571	15	2,131	25	2,060
6	2,447	16	2,120	26	2,056
7	2,365	17	2,110	27	2,052
8	2,306	18	2,101	28	2,048
9	2,262	19	2,093	29	2,045
10	2,228	20	2,086	30	2,042

10. Розглянути тісноту зв'язку першого чинника  $X_1$  з третім чинником  $X_3$ . Порядок виконання розрахунків аналогічний.

11. Зробити висновок про можливість виключення з фізичного експерименту одного із чинників  $X_1$  або  $X_2$ .

12. Зробити висновки по роботі.

### Питання до самостійної роботи

1. Що характеризує коефіцієнт рангової кореляції?
2. В яких межах змінюється коефіцієнт рангової кореляції? Який може бути зв'язок?
3. За допомогою якого критерію перевіряють значущість коефіцієнту рангової кореляції? При якому рівні значущості?
4. На підставі чого робиться висновок про можливість відсіювання чинників з експерименту?

### Практичне завдання № 3.

#### ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОГО НЕОБХІДНОГО ЧИСЛА ВИМІРЮВАНЬ, РОЗПОДІЛЕНИХ ЗА НОРМАЛЬНИМ ЗАКОНОМ, ЗА НАСЛІДКАМИ ПОПЕРЕДНЬОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

**Мета** – придбання навиків планування експерименту й визначення мінімального необхідного числа вимірювань, розподілених за нормальним законом, за наслідками попереднього експерименту.

**Завдання.**

Підрахувати мінімально необхідну кількість вимірювань, при заданій точності вимірювань.

**Вихідні дані.**

Варіанти вихідних даних подані в додатку В.

#### Порядок виконання завдання

1. Одержати початкові дані для проведення розрахунків відповідно до заданого варіанту.
2. Обчислити розрахункові значення статистичних характеристик варійованого ряду і побудувати гістограму розподілу.
3. Провести візуальну оцінку нормальності розподілу.
4. Підрахувати мінімально необхідну кількість вимірювань, при заданій точності вимірювань.

#### Методичні рекомендації до виконання роботи

1. Отримати вихідні дані згідно з варіантом, додаток В. Подати у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати попередніх вимірювань простої сенсорної реакції водія на світловий сигнал (варіант N)

Номери вимірювань	Час реакції, мс	Номери вимірювань	Час реакції, мс	Номери вимірювань	Час реакції, мс
1	197	7	171	13	137
2	202	8	198	14	201
3	196	9	135	15	192
4	213	10	204	16	167
5	154	11	172	17	201
6	194	12	153	18	205
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					

2. Вибираються мінімальні й максимальні значення часу. Відповідно до початкових даних,  $t_{max} = 205$ ,  $t_{min} = 135$ .

3. Визначають інтервал варіювання реакції водія за наступною формулою:

$$\Delta = t_{max} - t_{min}, \quad (3.1)$$

$$\text{Ц} = 205 - 135 = 70$$

4. Інтервал варіювання часу розбивають на декілька частин. Число класів визначають за формулою Старджеса:

$$K = 1 + 3,32 \lg n, \quad (3.2)$$

де  $n$  – число вимірювань часу руху.

$$K = 1 + 3,32 \lg 18 = 5.$$

5. Оцінюють класовий інтервал за формулою

$$i = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{K}, \quad (3.3)$$

$$i = \frac{205 - 135}{5} = 14.$$

6. Встановлюють межі кожного класу. Результати розрахунків подають у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Визначення меж класу й кількості значень у класі

№ класів	1	2	3	4	5
Межі класів	135 - 149	149-163	163-177	177-191	191-205
Кількість значень у класі, $m_j$	2	2	3	-	11

7. Підраховують число часу в кожному інтервалі  $m_j$ .

8. Визначають частоту попадання виміряного часу руху в кожен класовий інтервал.

$$P_j = \frac{m_j}{n}, \quad (3.4)$$

де  $m_j$  – кількість значень класу, що потрапили в  $j$ -й класовий інтервал.

$$P_1 = \frac{2}{18} = 0,111.$$

Аналогічно розраховують для інших класів. Результати розрахунків зводять до табл. 3.3.

9. Контролюються обчислення наступним рівнянням:

$$\sum_j P_j = 1, \quad (3.5)$$

$$\sum_j P_j = 0,111 + 0,111 + 0,167 + 0,611 = 1.$$

10. Визначається відносна частість значень часу стосовно кожного класового інтервалу за формулою:

$$y_j = \frac{P_j}{i}, \quad (3.6)$$

$$y_1 = \frac{0,111}{14} = 0,0079286.$$

Контролюють обчислення наступним рівнянням:

$$\sum_j y_j \cdot i = 1 \quad (3.7)$$

$$\sum_j y_j = (0,0079286 \cdot 2 + 0,0119286 + 0,0436429) \cdot 14 = 1$$

Аналогічно розраховують для інших класів. Результати розрахунків зводять до табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Розрахункові значення для побудови гістограми і встановлення значень параметрів розподілу

Межі класів	Число значень часу в класовому інтервалі, $m_j$	Емпірична частота, $P_j$	Емпірична частість, $y_j$	Середина класів, $t_j$	$b_j = (t_j - t)$	$b_j^2$	$b_j^2 \cdot m_j$
135-149	2	0,111	0,0079286	142	-40,4	1632,16	3264,32
149-163	2	0,111	0,0079286	156	-26,4	696,96	1393,92
163-177	3	0,167	0,0119286	170	-12,4	153,76	461,28
177-191	-	-	-	-	-	-	-
191-205	11	0,611	0,0436429	198	15,6	243,36	2676,96
$\Sigma$	18	1	-	-	-	-	-

11. Будують гістограму вимірювань часу, (рис. 3.1).

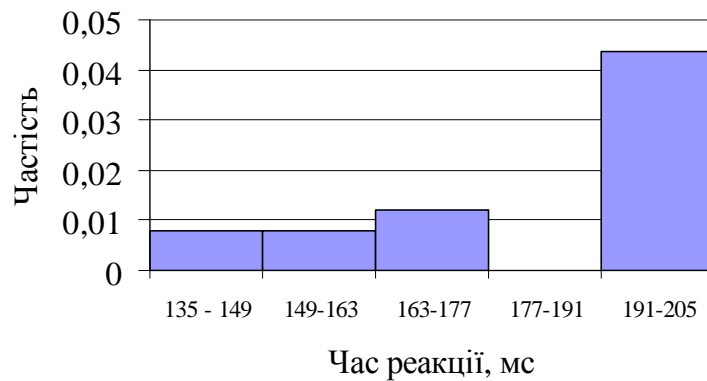


Рис. 3.1 – Гістограма розподілу вимірювань часу.

12. Визначають середину класів за формулою

$$t_j = \frac{t_{j1} + t_{j2}}{2}, \quad (3.8)$$

де  $t_{j1}$ ,  $t_{j2}$  – відповідно нижня і верхня межі  $j$ -го класу.

13. Розраховують середнє арифметичне часу, зважене за частотами кожного класу за наступною формулою:

$$t = i \sum_{j=1}^5 t_j \cdot y_j, \quad (3.9)$$

$$t = 14 \cdot (142 \cdot 0,0079286 + 156 \cdot 0,0079286 + 170 \cdot 0,0119286 + 0 + 198 \cdot 0,0436429) = 182,4$$

14. Оцінюють відхилення значень часу середин класів від середньої арифметичної. Результати розрахунків зводять в табл. 3.3.

$$b_j = (t_j - t). \quad (3.10)$$

15. Обчислюють квадрати відхилень  $b_j^2$ . Результати зводять в табл. 3.3.

16. Обчислюють множення  $b_j^2 \cdot m_j$  і зносять у відповідну колонку табл.

3.3. Визначають суму цих множень.

$$\sum_{j=1}^5 b_j^2 \cdot m_j = 7796,48.$$

17. Обчислюють середнє квадратичне відхилення за формулою

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum b_j^2 \cdot m_j}{n-1}}, \quad (3.11)$$

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{7796,48}{18-1}} = \pm 21,415$$

18. Задаються точністю вимірювань час руху згідно з варіантом.

19. Задають значущості результатів вимірювань. При дорожніх дослідженнях звичайно приймають рівень значущості рівним  $P = 0,05$ , що вказує на допущення 5-відсотової помилки. При цьому довірна ймовірність вимірювань складає  $1 - P = 0,95$ .

20. По значеннях нормованої функції Лапласа  $\Phi(t)$  нормоване відхилення  $t = 1,96$ , табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Значення нормованої функції Лапласа  $\Phi(t)$

$\Phi(t)$	0,09488	0,95450	0,9907	0,9986
$t$	1,95	2,0	2,6	3,2

21. Визначають мінімальне необхідне число вимірювань часу при заданій точності вимірювань  $\Delta = \pm 5 \text{ км/год}$  :

$$\alpha(5) = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2}, \quad (3.12)$$

$$\alpha(5) = \frac{1,96^2 \cdot 21,415^2}{5^2} = 70 \text{ вимірювань}$$

При заданій точності вимірювань  $\Delta = \pm 1 \text{ км/год}$

$$\alpha(5) = \frac{1,96^2 \cdot 21,415^2}{1^2} = 1761 \text{ вимірювань}$$

21. Зробити висновок.

### Питання до самостійної роботи

1. Сформулюйте особливості нормального закону розподілу.
2. Від чого залежить значення кількості класів?
3. Що характеризує середнє квадратичне відхилення?
4. Чому дорівнюють рівень значущості і довірна ймовірність в більшості випадків та зокрема у даному експерименті?
5. Як впливає збільшення значення точності вимірювання на розрахункове значення необхідного числа вимірювань?



## Практичне завдання № 4. ПЛАНУВАННЯ ПОВНОГО ФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

**Мета** – набути навички побудови плану-матриці і плану-схеми повного факторного експерименту.

### **Вихідні дані.**

Результати експериментальних досліджень двох чинників  $x$  і  $y$ . Варіанти вихідних даних подані в додатку Г.

### **Порядок виконання завдання**

1. Визначити нульові рівні чинників та виконати їхнє кодування
2. Скласти план-матрицю експерименту.
3. Скласти план-схему експерименту.

### **Методичні рекомендації до виконання роботи**

1. Отримати вихідні дані згідно з варіантом. Подати в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані (варіант  $N$ )

№ чиннику	Чинник	Позначання	Значення
1	Інтенсивність руху на смузі	$N_{max}$ , авт/ГОД	500
		$N_{min}$ , авт/ГОД	100
2	Радіус дорожнього закруглення	$r_{max}$ , М	600
		$r_{min}$ , М	100

2. Розраховують інтервали варіювання чинників:

$$U_N = 500 - 100 = 400 \text{ авт/ГОД} , \quad (4.1)$$

$$U_r = 600 - 100 = 500 \text{ м} .$$

3. Визначаються нульові рівні чинників за формулою

$$N_0 = \frac{U_N}{2} + N_{min} = \frac{400}{2} + 100 = 300 \text{ авт / год} , \quad (4.2)$$

$$r_0 = \frac{U_r}{2} + r_{min} = \frac{500}{2} + 100 = 350 \text{ м} .$$

4. Проводять кодування рівнів чинників:

$$N_{min} = \frac{N_{min} - N_0}{0,5 \cdot U_N} = \frac{100 - 300}{0,5 \cdot 400} = -1 , \quad (4.3)$$

$$N_{max} = \frac{N_{max} - N_0}{0,5 \cdot U_N} = \frac{500 - 300}{0,5 \cdot 400} = +1 ,$$

$$r_{min} = \frac{r_{min} - r_0}{0,5 \cdot U_r} = \frac{100 - 350}{0,5 \cdot 500} = -1 ,$$

$$r_{\max} = \frac{r_{\max} - r_0}{0,5 \cdot U_r} = \frac{600 - 350}{0,5 \cdot 500} = +1.$$

5. Будують план-схему експерименту (рис. 4.1)

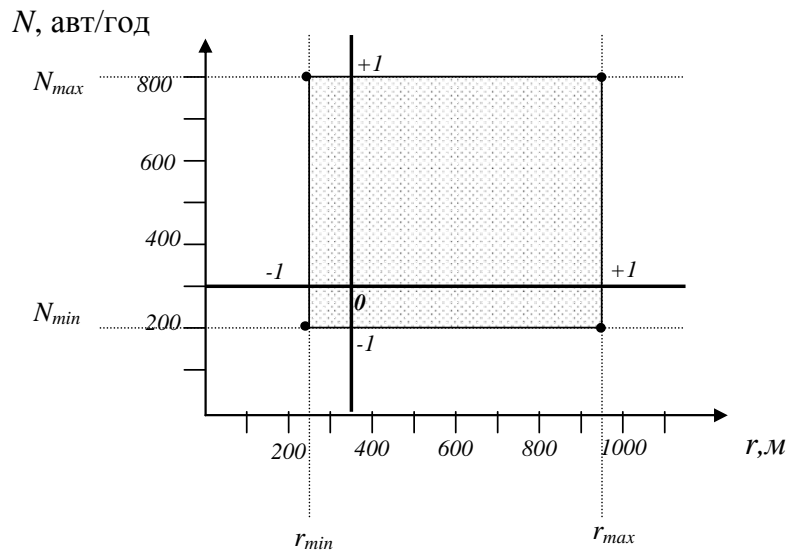


Рис. 4.1 - План-схема експерименту

6. Складають план-матрицю експерименту.

Таблиця 5.1 - План-матриця експерименту.

Номер експерименту	Чинники і значення їх рівня	
	n	r
1	1	-1
	500	100
2	1	1
	500	600
3	-1	1
	100	600
4	-1	-1
	100	100

### Питання до самостійної роботи

1. Що таке чинник?
2. Що таке повний факторний експеримент?
3. Що таке рівень чинника? На яких рівнях варіюють чинники в повному факторному експерименті? Як визначаються рівні експерименту?
4. Як здійснюють кодування чинників?
5. Які значення приймають нижній і верхній рівні чинників після кодування?
6. Що таке план-матриця експерименту?
7. Що таке план-схема експерименту?

## **Практична робота № 5.**

### **ПОБУДОВА ЕМПІРИЧНИХ РЯДІВ РЕГРЕСІЇ**

**Мета** –засвоїти методику побудови емпіричних рядів регресії.

#### **Вихідні дані.**

Результати експериментальних досліджень впливу дальності поїздки на оптимальну довжину перегону. Варіанти вихідних даних подані в додатку Д.

#### **Порядок виконання завдання**

1. Визначити мінімальне і максимальне значення  $X$  і  $Y$ .
2. Визначити кількість класів.
3. Розрахувати класовий інтервал.
4. Розрахувати кількість попадань значень у класи.
5. Розрахувати часткові середньоарифметичні значення рядів.
6. Побудувати графік емпіричної регресії.

#### **Методичні рекомендації до виконання роботи**

1. Отримати вихідні дані згідно з варіантом. Подати у табл. 5.1. Згідно вихідних даних:  $x$  - шлях, м;  $y$  - інтервал між автомобілями, с.

Таблиця 5.1 - Результати експерименту (варіант  $N$ )

$x$	$y$	$x$	$y$
31	13,5	15	11,5
8,5	9,5	14	10
19	10,5	6	10,2
8,5	12	13	10,6
7	9	11	11
15,5	9	25,5	12,2
21	11,5	24	12,5
19,5	15	23	10
33,8	15,5	6,5	8
7	11	5,5	11,5
9,5	10	36	16,2
23	11		

1. Вибрати максимальне і мінімальне значення змінних  $x$  і  $y$ .

$$x_{\min} = 5,5$$

$$y_{\min} = 8$$

$$x_{\max} = 36$$

$$y_{\max} = 16,2$$

3. Відповідно до табл. 5.2 вибрати число класів.

Таблиця 5.2 - Визначення числа класів

Об'єм вибірки	Число класів
6 - 11	4
12 – 22	5
23 – 46	6
47 – 93	7
94 – 187	8

Оскільки з нашого випадку  $n = 23$ , то число класів  $k = 6$ .

12. Визначити класові інтервали:

$$i_x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k} = \frac{36 - 5,5}{6} = 5,08, \quad (5.1)$$

$$i_y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{k} = \frac{16,2 - 8}{6} = 1,37. \quad (5.2)$$

5. Визначити класи для кожної змінної, результати занести в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 - Визначення класів

№ класу	1	2	3	4	5	6
X	5,5-10,58	10,58-15,66	15,66-20,74	20,74-25,82	25,82-30,9	30,9-36
Y	8-9,37	9,37-10,74	10,74-12,11	12,11-13,48	13,48-14,85	14,85-16,2

6. Викреслити кореляційну решітку і рознести частоти по клітинках, відповідних певним класам варіаційних рядів. Кореляційна решітка є таблицею, в якій розташовуються два варіаційні ряди  $x$  і  $y$  (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Кореляційна решітка

x		5,5-10,58	10,58-15,66	15,66-20,74	20,74-25,82	25,82-30,9	30,9-36	$\sum P_y$	Середнє значення $\bar{x}$
y	Середнє значення класу	8,04	13,12	18,2	23,28	28,36	33,44		
8-9,37	8,69	1+1	1					3	9,73
9,37-10,74	10,06	1+1+1	1+1	1				6	11,43
10,74-12,11	11,43	1+1+1	1		1+1+1			7	8,65
12,11-13,48	12,8				1	1		2	25,82
13,48-14,85	14,2						1	1	33,45
14,85-16,2	15,53		1	1			1+1	4	24,56
$\sum P_x$		8	5	2	4	1	3	23	-
Середнє значення $\bar{y}$		10,23	11,15	12,8	11,77	12,8	15,09	-	-

7. Закінчивши розноску частот і підсумувавши їх по рядках і стовпцях кореляційної таблиці, необхідно визначити часткові середньоарифметичні цих рядів.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_p}{\sum p}, \quad (5.3)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_p}{\sum p}. \quad (5.4)$$

Так, середнього значення  $\bar{x} = 9,73$  набуто шляхом розрахунку

$$\bar{x} = \frac{8,04 \cdot 3 + 13,12 \cdot 1}{3} = 9,73.$$

Таким же способом набуто середнього значення  $\bar{y} = 10,23$ :

$$\bar{y} = \frac{8,69 \cdot 2 + 10,06 \cdot 3 + 11,43 \cdot 3}{8} = 10,23.$$

8. Побудувати графік емпіричної регресії.

Ламаний характер емпіричних рядів регресії пояснюється тим, що вони виражають не тільки те стійке, що лежить в основі явища, але і елементи випадкового порядку. Вирівнювання емпіричних рядів регресії, їх усереднювання можна провести за допомогою способу найменших квадратів.

9. Зробити висновки по роботі.

#### **Питання до самостійної роботи**

1. Що являє собою кореляційна решітка?
2. Як розраховують середньоарифметичне значення?
3. У чому полягає регресійний аналіз? Що таке графік емпіричної регресії?
4. Чим можна пояснити ламаний характер емпіричних рядів регресії?

## Практична робота №6 РІВНЯННЯ І КОЕФІЦІЄНТИ РЕГРЕСІЇ

**Мета** – ознайомитися з методикою визначення рівнянь і коефіцієнтів регресії.

### **Вихідні дані.**

Результати експериментальних досліджень величини гальмівного шляху від часу гальмування. Варіанти вихідних даних подані в додатку Є.

### **Порядок виконання завдання**

1. Побудувати емпіричні ряди регресії
2. Визначити рівняння і їх коефіцієнти
3. Обчислити коефіцієнти парної кореляції для результатів досліджень .

### **Методичні рекомендації до виконання роботи**

1. Отримати вихідні дані згідно з варіантом. Подати у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Вплив часу гальмування  $x$  на величину гальмівного шляху  $y$  (варіант  $N$ )

$x$	31	8,5	19	8,5	7	15,5	21	19,5	33,8	7	9,5	23
$y$	13,5	9,5	10,5	12	9	9	11,5	15	15,5	11	10	11
$x$	15	14	6	13	11	25,5	24	23	6,5	5,5	36	
$y$	11,5	10	10,2	10,6	11	12,2	12,2	10	8	11,5	16,2	

2. Визначити суму значень чинника  $x$  і суму значень чинника  $y$ .

$$x = 382,8;$$

$$y = 260,9.$$

3. Обчислити середні значення рядів  $x$  і  $y$ .

$$\bar{x} = \frac{382,8}{23} = 16,64$$

$$\bar{y} = \frac{260,9}{23} = 11,34$$

4. Знайти різницю між значеннями чинника  $x$  і  $y$  і середніми величинами значень цих чинників.

$$A_x = (x - \bar{x}); \quad (6.1)$$

$$A_y = (y - \bar{y}); \quad (6.2)$$

$$A_{x1} = 31 - 16,64 = 14,36$$

$$A_{y1} = 13,5 - 11,34 = 2,16$$

Аналогічно розраховується для інших значень  $x$  і  $y$ . Результати розрахунків зводять до табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Результати розрахунків

$x$	$y$	$A_x$	$A_y$	$A_x \cdot A_y$	$A_x^2$	$A_y^2$
31	13,5	14,36	2,16	31,0176	206,2096	4,6656
8,5	9,5	-8,14	-1,84	14,9776	66,2596	3,3856
19	10,5	2,36	-0,84	-1,9824	5,5696	0,7056
8,5	12	-8,14	0,66	-5,3724	66,2596	0,4356
7	9	-9,64	-2,34	22,5576	92,9296	5,4756
15,5	9	-1,14	-2,34	2,6676	1,2996	5,4756
21	11,5	4,36	0,16	0,6976	19,0096	0,0256
19,5	15	2,86	3,66	10,4676	8,1796	13,3956
33,8	15,5	17,16	4,16	71,3856	294,4656	17,3056
7	11	-9,64	-0,34	3,2776	92,9296	0,1156
9,5	10	-7,14	-1,34	9,5676	50,9796	1,7956
23	11	6,36	-0,34	-2,1624	40,4496	0,1156
15	11,5	-1,64	0,16	-0,2624	2,6896	0,0256
14	10	-2,64	-1,34	3,5376	6,9696	1,7956
6	10,2	-10,64	-1,14	12,1296	113,2096	1,2996
13	10,6	-3,64	-0,74	2,6936	13,2496	0,5476
11	11	-5,64	-0,34	1,9176	31,8096	0,1156
25,5	12,2	8,86	0,86	7,6196	78,4996	0,7396
24	12,2	7,36	0,86	6,3296	54,1696	0,7396
23	10	6,36	-1,34	-8,5224	40,4496	1,7956
6,5	8	-10,14	-3,34	33,8676	102,8196	11,1556
5,5	11,5	-11,14	0,16	-1,7824	124,0996	0,0256
36	16,2	19,36	4,86	94,0896	374,8096	23,6196
382,8	260,9			308,7168	1887,3168	94,7568

5. Обчислити множення  $A_x \cdot A_y$  і  $A_x^2$ ,  $A_y^2$ . Результати обчислень занести відповідно до табл. 6.2.

9. Знайти коефіцієнт регресії  $y$  по  $x$ , і  $x$  по  $y$  за формулою

$$R_{y/x} = \frac{\sum A_x \cdot A_y}{\sum A_x^2} = \frac{308,7168}{1887,3168} = 0,164, \quad (6.3)$$

$$R_{x/y} = \frac{\sum A_x \cdot A_y}{\sum A_y^2} = \frac{308,7168}{94,7568} = 3,258. \quad (6.4)$$

10. Обчислити середню квадратичну помилку коефіцієнта регресії за наступними формулами:

$$m_{Ry/x} = \frac{\sum A_y^2 - \frac{(\sum A_x \cdot A_y)^2}{\sum A_x^2}}{(n-2)\sum A_x^2}; \quad (6.5)$$

$$m_{Rx/y} = \frac{\sum A_x^2 - \frac{(\sum A_x \cdot A_y)^2}{\sum A_y^2}}{(n-2)\sum A_y^2}. \quad (6.6)$$

У даному випадку:

$$m_{Ry/x} = \frac{94,7568 - \frac{308,7168^2}{1887,3168}}{(24-2)1887,3168} = 0,02224;$$

$$m_{Rx/y} = \frac{1887,3168 - \frac{308,7168^2}{94,7568}}{(24-2)94,7568} = 0,442999.$$

11. Встановити значущість коефіцієнтів регресії.

$$t_{y/x} = \frac{R_{y/x}}{m_{Ry/x}} = \frac{0,164}{0,02224} = 7,37; \quad (6.7)$$

$$t_{x/y} = \frac{R_{x/y}}{m_{Rx/y}} = \frac{3,258}{0,442999} = 7,35. \quad (6.8)$$

Припустимо значення  $t$ -критерію Стьюдента при  $(n-2) = 22$  і рівні значущості  $P = 0,05$  складе 2,074, тобто воно менше спостережуваних в досвіді, отже, в даному випадку коефіцієнти регресії достовірні (див. табл. 2.6).

12. Знайти емпіричне рівняння лінії регресії по  $x$ :

$$y' = \bar{y} + R_{y/x}(x - \bar{x}), \quad (6.9)$$

$$y' = 11,34 + 0,164(x - 16,64) = 0,163574x + 8,62.$$



13. Аналогічно визначити рівняння регресії  $x$ :

$$x' = \bar{x} + R_{x/y}(y - \bar{y}), \quad (6.10)$$

$$x' = 16,64 + 3,258(y - 11,34) = 3,26y - 20,3284$$

14. Підставляючи в рівняння регресії  $y' = 0,163574x + 8,62$  замість  $x$  його вихідні значення, обчислити теоретичні середні значення  $y'$ . Результати розрахунків подати у табл. 6.3.

Таблиця 6.3 - Теоретичні середні значення  $y'$

$x$	31	8,5	19	7	15,5	21	33,8	23	6	36
$y'$	13,69	10,01	11,73	9,77	11,16	12,06	14,15	12,38	9,6	14,51

15. Побудувати лінію регресії по  $x$  (рис. 6.1)

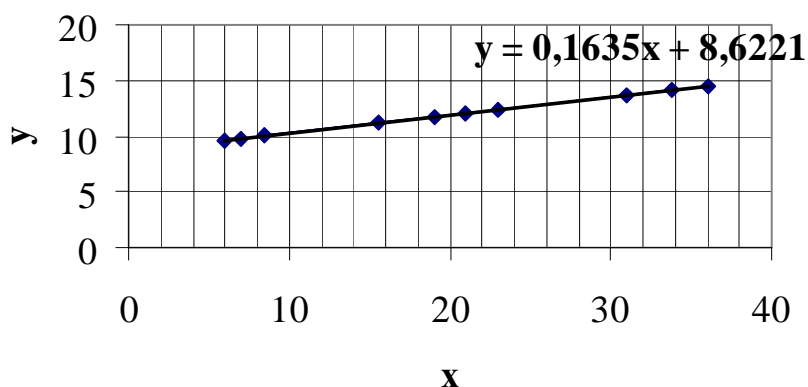


Рис. 6.1 – Лінія регресії

16. Зробити висновки по роботі

### Питання до самостійної роботи

1. Як отримати рівняння регресії?
2. Що характеризує коефіцієнт регресії?
3. За допомогою якого критерію перевіряють значущість проведених розрахунків (коефіцієнта регресії)?
4. Рівняння має наступний вигляд:  $y = b_0 + b_1x$ . Чому дорівнює коефіцієнт регресії у даному випадку?

## Практичне завдання № 7

### КОРЕЛЯЦІЙНЕ ВІДНОШЕННЯ

**Мета** - засвоїти методику обчислення кореляційного відношення без розбиття варіанта на класи для нелінійних кореляційних зв'язків.

#### **Вихідні дані.**

Результати експериментальних досліджень двох чинників  $x$  і  $y$ . Варіанти вихідних даних подані в додатку Ж.

#### **Порядок виконання завдання**

1. Провести ранжирування вихідних даних.
2. Розрахувати кореляційне відношення.
3. Розрахувати квадратичну помилку кореляційного відношення.
4. Розрахувати критерій вірогідності.
5. Побудувати лінію регресії  $y$  по  $x$ .

#### **Методичні рекомендації до виконання роботи**

1. Отримати вихідні дані згідно з варіантом. Подати у табл. 7.1.

Таблиця – 7.1. Результати експериментальних досліджень (варіант  $N$ )

$x$	$y$	$x$	$y$
5,7	40	5,8	32,5
6,9	32	6,7	39,5
6,7	39	6	38
7	31	5,5	35,5
5,9	33,5	6,9	36
6	33	6,3	35
5,6	40	6,4	41
6,2	35		

2. Провести ранжирування вихідних даних таблиці 7.1 по  $x$ . Результати ранжирування навести у табл. 7.2.

Таблиця 7.2 - Ранжирування даних

$x$	$y$	$\overline{y_0}$	$y - \overline{y_0}$	$(y - \overline{y_0})^2$	$y - \overline{y}$	$(y - \overline{y})^2$
5,5	35,5	35,5	0	0	-0,57	0,3249
5,6	40	40	0	0	3,93	15,4449
5,7	40	40	0	0	3,93	15,4449
5,8	32,5	32,5	0	0	-3,57	12,7449
5,9	33,5	33,5	0	0	-2,57	6,6049
6	33	35,5	-2,5	6,25	-3,07	9,4249
6	38	35,5	2,5	6,25	1,93	3,7249
6,2	35	35	0	0	-1,07	1,1449
6,3	35	35	0	0	-1,07	1,1449
6,4	41	41	0	0	4,93	24,3049
6,7	39	39,25	-0,25	0,0625	2,93	8,5849
6,7	39,5	39,25	-0,25	0,0625	3,43	11,7649
6,9	36	34	2	4	-0,07	0,0049
6,9	32	34	-2	4	-4,07	16,5649
7	31	31	0	0	-5,07	25,7049
				$\Sigma=20,625$		$\Sigma=152,9335$

3. Розділити дані ранжируваного ряду  $x$  на групи з однаковими значеннями змінної  $i$  для цих груп визначити значення середніх  $\overline{y_0}$  по ряду  $y$ :

$$\overline{y_0}(1) = \frac{33 + 38}{2} = 35,5;$$

$$\overline{y_0}(2) = \frac{39 + 39,5}{2} = 39,25;$$

$$\overline{y_0}(3) = \frac{36 + 32}{2} = 34.$$

Результати розрахунків подати у табл. 7.2.

4. Обчислити кореляційне відношення прямим способом за формулами:

$$\eta_{x/y} = \sqrt{\frac{\sum (x - \overline{x})^2 - \sum (x - \overline{x_0})^2}{\sum (x - \overline{x})^2}}; \quad (7.1)$$

$$\eta_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum (y - \overline{y})^2 - \sum (y - \overline{y_0})^2}{\sum (y - \overline{y})^2}}. \quad (7.2)$$

5. Середнє значення у розраховують за наступною формулою:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = 36,07 ,$$

де n – кількість чинників.

$$\eta_{y/x} = \sqrt{\frac{152,9335 - 20,625}{152,9335}} = 0,93 .$$

4. Визначити квадратичну помилку кореляційного відношення за формулою

$$m_{\eta} = \sqrt{\frac{1 - \eta^2}{n - 2}} , \quad (7.3)$$

$$m_1 = \sqrt{\frac{1 - 0,93^2}{15 - 2}} = 0,102 .$$

5. Обчислити критерій достовірності кореляційного відношення за формулою

$$t_1 = \frac{\eta}{m_{\eta}} = \frac{0,93}{0,102} = 9,12 .$$

Порівняти розрахункове значення з табличним значенням  $t$ -критерію Стьюдента за табл. 2.6. У даному випадку критерій достовірності досить високий ( розрахункове значення більше табличного).

8. Таким же чином визначити кореляційне відношення  $x$  по  $y$  (повторити пункти 1-7), помилка і критерій достовірності:

$$\eta_{x/y} = \sqrt{\frac{3,9856 - 0,01}{3,9856}} = 0,999 ;$$

$$m_2 = \sqrt{\frac{1 - 0,999^2}{15 - 2}} = 0,012 ;$$

$$t_1 = \frac{0,999}{0,012} = 83,25 .$$

В обох випадках вийшли високі й цілком достовірні показники зв'язку.

9. Записати кореляційне відношення у вигляді (враховуючи квадратичну помилку):

$$\eta_{y/x} = 0,93 \pm 0,102 ,$$

$$\eta_{x/y} = 0,999 \pm 0,012 .$$

10. Визначити коефіцієнт криволінійної кореляції, тобто сумарний показник зв'язку за формулою

$$r_{\eta} = \sqrt{\eta_{x/y} \cdot \eta_{y/x}} \quad (7.4)$$

$$r_{\eta} = \sqrt{0,93 \cdot 0,999} = 0,963$$

11. Побудувати лінію регресії у по х (рис. 7.1).

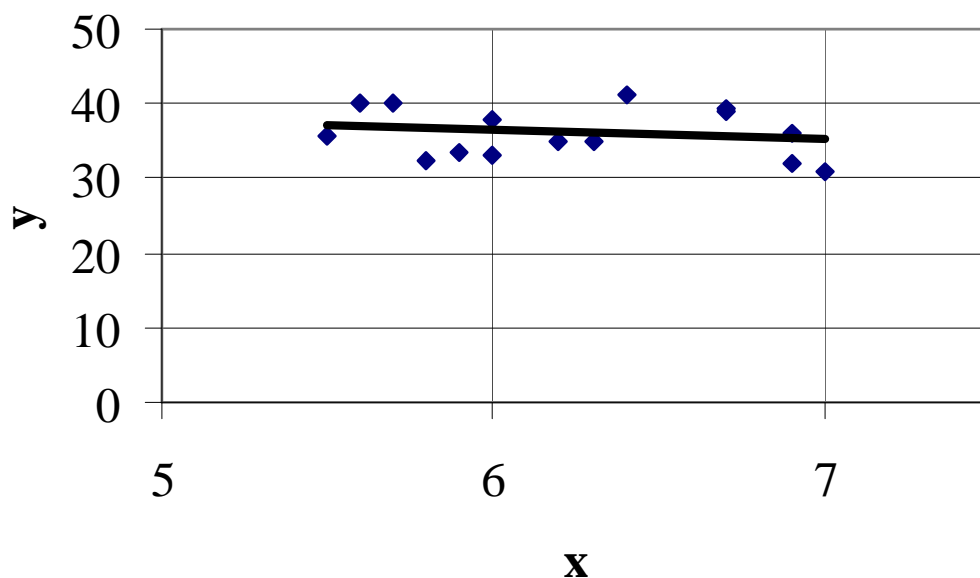


Рис. 7.1 – Кореляційне поле

16. Зробити висновки по роботі.

### Питання до самостійної роботи

1. Для яких зв'язків розраховують кореляційне відношення?
2. Що характеризує кореляційне відношення?
3. Що характеризує коефіцієнт криволінійної кореляції?
4. Що таке «кореляційне поле» і лінія регресії?

## РОЗДІЛ 2. ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

### Практична робота № 8. ПЕРЕВІРКА ВІДТВОРЮВАНOSTІ ДОСЛІДІВ

**Мета** - ознайомитися з методикою перевірки відтворюваності дослідів.

#### Вихідні дані.

Результати експериментальних досліджень випробування на міцність при стисненні цементобетонних зразків. Варіанти вихідних даних подані в додатку 3.

#### Порядок виконання завдання

1. Обчислити середнє арифметичне значення реакції системи.
2. Обчислити оцінку дисперсії для кожної серії паралельних дослідів.
3. Визначити розрахункове значення критерію Кохрена.
4. Оцінити відтворюваність дослідів за наслідками

#### Методичні рекомендації до виконання роботи

1. Отримати вихідні дані згідно з варіантом. Подати в табл. 8.1.

Таблиця 8.1. – Реакція системи на зовнішній вплив

Номер серії дослідів	Результати паралельних дослідів					$\overline{y_j}$	$S_j^2$
1	$Y_{11}$	$Y_{12}$	$Y_{13}$	.....	$Y_{1k}$	$\overline{y_1}$	$S_1^2$
2	$Y_{21}$	$Y_{22}$	$Y_{23}$	.....	$Y_{2k}$	$\overline{y_2}$	$S_2^2$
3	$Y_{31}$	$Y_{32}$	$Y_{33}$	.....	$Y_{3k}$	$\overline{y_3}$	$S_3^2$
J	$Y_{j1}$	$Y_{j2}$	$Y_{j3}$	.....	$Y_{jk}$	$\overline{y_j}$	$S_j^2$
n	$Y_{n1}$	$Y_{n2}$	$Y_{n3}$	.....	$Y_{nk}$	$\overline{y_n}$	$S_n^2$

Для прикладу представлені розрахунки згідно з табл. 8.2.

Таблиця 8.2 - Результати дослідів (варіант N)

Номер серії дослідів	Результати вимірювань реакції системи на зовнішню дію				$\overline{y_j}$	$S_j^2$
	$Y_{j1}$	$Y_{j2}$	$Y_{j3}$	$Y_{j4}$		
1	49,2	48,8	57,0	52,0	51,75	15,29
2	49,0	51,2	54,0	54,6	52,2	18,8
3	48,2	52,6	52,0	50,0	50,7	3,67
4	54,4	52,0	50,7	48,6	51,43	5,9
5	48,4	48,3	52,3	51,6	50,15	4,39

2. Для кожної серії паралельних дослідів обчислити середнє арифметичне значення реакції системи за формулою

$$\overline{y_j} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k y_{ji}, (j = 1, 2, \dots, n) \quad (8.1)$$

де  $k$  - число паралельних дослідів, проведених за однакових умов.

$$\overline{y_1} = \frac{49,2 + 48,8 + 57 + 52}{4} = 51,75$$

Аналогічно провести розрахунки для інших значень  $y$ . Результати розрахунків подати в табл. 8.2.

3. Обчислити оцінку дисперсії для кожної серії паралельних дослідів за формулою

$$S_j^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k (y_{ji} - \overline{y_j})^2 \quad (8.2)$$

$$S_1^2 = \frac{(49,2 - 51,75)^2 + (48,8 - 51,75)^2 + (57 - 51,75)^2 + (52 - 51,75)^2}{4-1} = 15,29$$

Аналогічно провести розрахунки для інших значень  $y$ . Результати розрахунків подати в табл. 8.2.

4. Знайти суму оцінки дисперсії за формулою

$$A = \sum_{j=1}^n S_j^2, \quad (8.3)$$

$$A = 15,29 + 18,8 + 3,67 + 5,9 + 4,39 = 48,05.$$

5. З найдених оцінок вибрати максимальне значення дисперсії,  $\max S_j^2$ .

6. Визначити розрахункове значення критерію Кохрена за формулою

$$G_p = \frac{\max S_j^2}{A} \quad (8.4)$$

$$G_p = \frac{18,8}{48,05} = 0,39$$

7. Визначити число ступенів свободи по формул:

$$f = k - 1 \quad (8.5)$$

$$f = 4 - 1 = 3$$

8. Користуючись загальною кількістю оцінок дисперсій  $n$  і числом ступенів свободи  $f$  по таблиці 8.3 визначити табличне значення Кохрена  $G_m$ , при рівні значущості  $P=0,95$ . У даному випадку при  $n=5$ ,  $f=4$   $G_m=0,544$ .

При  $G_p = G_m$  досліді вважаються відтворними.

При  $G_p > G_m$  - досліді невідтворні.

Оскільки в нашому випадку  $G_m > G_p$ , то досліді можна вважати відтворними.

Таблиця 8.3 - Значення критерію Кохрена.

$n$	Число ступенів свободи $f$							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	0,999	0,975	0,939	0,906	0,877	0,853	0,833	0,816
3	0,967	0,871	0,798	0,746	0,707	0,677	0,653	0,633
4	0,907	0,768	0,684	0,629	0,590	0,560	0,637	0,518
5	0,841	0,684	0,598	0,544	0,507	0,478	0,456	0,439
6	0,781	0,616	0,532	0,480	0,445	0,418	0,398	0,382
7	0,727	0,561	0,480	0,431	0,397	0,373	0,354	0,338
8	0,680	0,516	0,438	0,391	0,360	0,336	0,319	0,304
9	0,639	0,478	0,403	0,358	0,329	0,307	0,290	0,277
10	0,602	0,445	0,373	0,331	0,303	0,282	0,267	0,254

6. Порівняти розрахункове і табличне значення критерію Кохрена. Зробити висновки.

### Питання до самостійної роботи

1. Що таке дисперсія?
2. За допомогою якого критерію перевіряють відтворюваність дослідів?
3. За яких умов досліді вважаються відтворюваними?
4. Що характеризує число ступенів свободи?
5. Як розраховують значення критерію Кохрена?



## Практичне завдання № 9

### ВИРІВНЮВАННЯ ЕМПІРИЧНИХ РЯДІВ СПОСОБОМ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ. ПРЯМОЛІНІЙНА ЗАЛЕЖНІСТЬ.

**Мета** - ознайомитися з методикою вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів.

#### **Вихідні дані.**

Результати дослідження залежності швидкості автомобіля від радіуса кривої в плані на гірських дорогах. Варіанти вихідних даних подані в додатку І.

#### **Завдання.**

Оцінити, наскільки співпадають лінії емпіричної і теоретичної кривих, що знаходяться у прямолінійній залежності, за допомогою вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів.

#### **Порядок виконання завдання**

1. Побудувати графік дослідної залежності.
2. Побудувати емпіричне рівняння.
3. Побудувати графік теоретичної залежності
4. Оцінити, наскільки співпадають лінії емпіричної і теоретичної кривих

#### **Методичні рекомендації до виконання роботи**

1. Обрати вихідні дані згідно з варіантом з додатку й подати у вигляді табл. 9.1.

Таблиця 9.1 – Вплив швидкості автопоїзда на величину відхилення (варіант N)

x	20	25	35	45	55	60	70	80
y	17	20	25	29	33	36	39	43

У розрахунках приймаємо:  $x$  - швидкість автопоїзда, км/год;  $y$  - величина відхилення, см.

2. Побудувати графік дослідної залежності від  $x$  (рис.9.1).

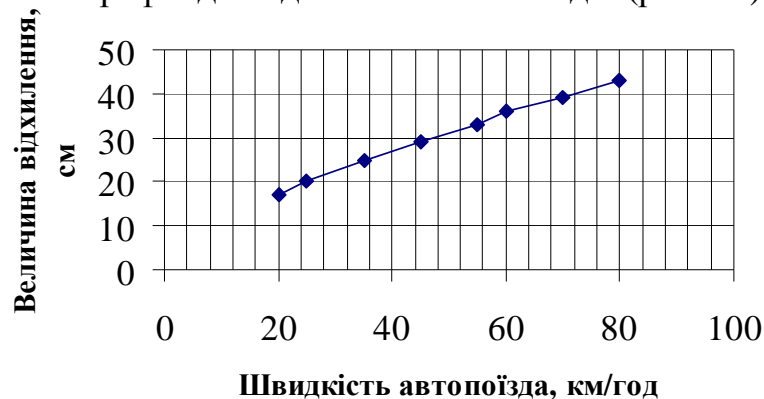


Рис. 9.1. – Залежність величини відхилення від швидкості автопоїзда (емпірична залежність).

3. З графіка видно, що між чинниками  $y$  і  $x$  існує прямолінійна залежність, яку можна виразити рівнянням загального вигляду

$$y = a + bx \quad (9.1)$$

4. Підставляючи в це рівняння попарно емпіричні дані, одержати 8 рівнянь (табл. 9.2). Число рівнянь рівне числу пар змінних.

5. Помножити кожне рівняння на коефіцієнт при  $b$  і одержати ще 8 рівнянь (табл. 9.2).

Таблиця 8.2 – Перетворення рівнянь

$y = a + bx$	$xy = xa + bx^2$
$17 = a + 20b$	$340 = 20a + 400b$
$20 = a + 25b$	$500 = 25a + 625b$
$25 = a + 35b$	$875 = 35a + 1225b$
$29 = a + 45b$	$1305 = 45a + 2025b$
$33 = a + 55b$	$1815 = 55a + 3025b$
$36 = a + 60b$	$2160 = 60a + 3600b$
$39 = a + 70b$	$2730 = 70a + 4900b$
$43 = a + 80b$	$3440 = 80a + 6400b$
$242 = 8a + 390b$	$13165 = 390a + 22200b$

6. Підсумовуючи почленно рівняння, одержати систему двох рівнянь з двома невідомими.

$$\begin{cases} 242 = 8a + 390b \\ 13165 = 390a + 22200b \end{cases}$$

7. Вирішити спільно ці рівняння методом підстановки і знайти значення цих параметрів:

$$\begin{cases} 242 = 8a + 390b \\ 13165 = 390a + 22200b \end{cases} \begin{cases} a = \frac{242 - 390b}{8} \\ 390\left(\frac{242 - 390b}{8}\right) + 22200b = 13165 \end{cases}$$

$$a = 9,29; \quad b = 0,43$$

8. Звідси одержати емпіричне рівняння, що виражає лінійну залежність між наступними чинниками.

$$y = 9,29 + 0,43x$$

9. Визначити за цією формулою теоретичне значення  $y$  і побудувати графік, (табл. 9.3, рис 9.2.)

Таблиця 9.3 – Значення емпіричної і теоретичної залежностей

$x$	20	25	35	45	55	60	70	80
$y_{\text{емп}}$	17	20	25	29	33	36	39	43
$y_{\text{теор}}$	17,89	20,04	24,34	28,64	32,94	35,09	39,39	43,69

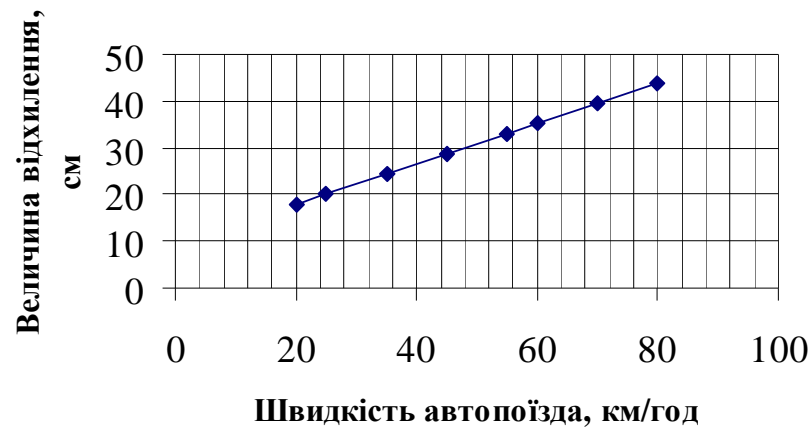


Рис. 9.1 – Залежність величини відхилення від швидкості автопоїзда, вирівняна способом найменших квадратів (теоретична залежність).

10. Оцінити, наскільки співпадають лінії емпіричної і теоретичної залежностей. Зробити висновки.

### Питання до самостійної роботи

1. Яким рівнянням описується прямолінійна залежність?
2. У чому полягає спосіб найменших квадратів? Для чого він використовується?
3. У чому різниця між емпіричною і теоретичною залежностями?

## Практичне завдання № 10.

### ВИРІВНЮВАННЯ ЕМПІРИЧНИХ РЯДІВ СПОСОБОМ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ. ПОКАЗОВА ФУНКЦІЯ

**Мета** - ознайомитися з методикою вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів.

#### **Завдання.**

Оцінити, наскільки співпадають лінії емпіричної і теоретичної кривих, що знаходяться у експоненціальній залежності, за допомогою вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів.

#### **Вихідні дані.**

Результати дослідження залежностей згідно з варіантом. Варіанти вихідних даних подані в додатку К.

### Порядок виконання завдання

1. Побудувати графік дослідної залежності.
2. Побудувати емпіричне рівняння.
3. Побудувати графік теоретичної залежності
4. Оцінити, наскільки співпадають лінії емпіричної і теоретичної кривих

### Методичні рекомендації до виконання роботи

1. Обрати вихідні дані згідно з варіантом з додатку та подати у вигляді табл. 10.1. Результати дослідження впливу інтенсивності руху на середню кількість автомобілів у групі:  $x$  - інтенсивність руху, авт/год;  $y$  - середня кількість автомобілів у групі.

Таблиця 10.1. Результати досліджень, емпіричні значення (варіант N)

$x$	200	300	400	600	800
$y$	1	2	3	5	12

2. Побудувати графік дослідної залежності від  $x$ , рис. (10.1.)

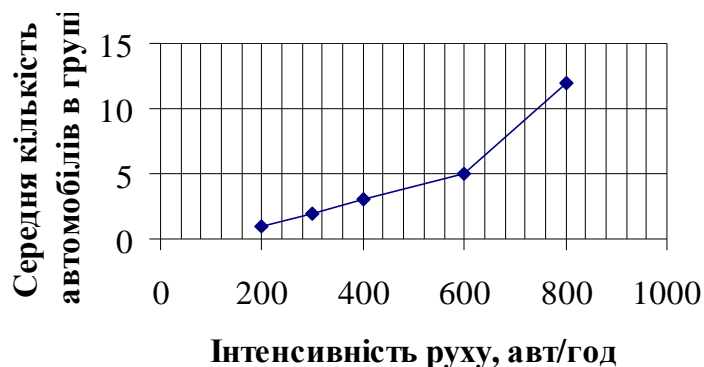


Рис. 10.1 – Експериментальна крива залежності середньої кількості автомобілів у групі від інтенсивності руху

3. Переконатися, що між чинниками  $x$  і  $y$  існує криволінійна параболічна залежність, яка виражається рівнянням показової функції вигляду

$$y = ae^{bx} . \quad (10.1)$$

4. Перетворити дане рівняння логарифмуванням на рівняння прямої лінії:

$$\lg y = \lg a + bx \cdot \lg e . \quad (10.2)$$

5. Підставивши в рівняння позначення  $\lg a = c$ , одержати рівняння наступного вигляду:

$$\lg y = c + \lg e \cdot bx . \quad (10.3)$$

5. Підставивши попарно емпіричні дані, одержати систему рівнянь, (табл. 10.2.)

Таблиця 10.2 – Перетворення рівнянь

$\lg y = \lg e \cdot xb + c$	$\lg y \cdot x = \lg e \cdot x^2 \cdot b + x \cdot c$
$0 = 86,86b + c$	$0 = 17372b + 200c$
$0,301 = 130,29b + c$	$90,309 = 39087b + 300c$
$0,477 = 173,72b + c$	$190,848 = 69488b + 4000c$
$0,699 = 260,58b + c$	$419,382 = 156348b + 600c$
$1,079 = 347,44b + c$	$863,345 = 277952b + 800c$
$2,556 = 998,89b + 5c$	$1563,89 = 560247b + 2300c$

6. Помножити рівняння при коефіцієнті  $b$ , й одержати систему рівнянь (див. табл. 10.2).

$$\lg y \cdot \lg e \cdot x = (\lg e)^2 \cdot x^2 \cdot b + \lg e \cdot x \cdot c . \quad (10.4)$$

Розділимо рівняння на  $\lg e$  й отримаємо:

$$\lg y \cdot x = \lg e \cdot x^2 \cdot b + x \cdot c . \quad (10.5)$$

7. Підсумовуючи рівняння першої і другої граfi, одержуємо систему двох нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} 5c + 998,89b = 2,556 \\ 2300c + 560247b = 1563,89 . \end{cases}$$

8. Вирішивши систему нормальних рівнянь методом підстановки, одержуємо значення  $b$  і  $c$ .

$$\begin{cases} c = \frac{2,56 - 998,89b}{5} \\ 2300c + 560247b = 1563,89 \end{cases} \quad \begin{cases} c = \frac{2,56 - 998,89b}{5} \\ 2300\left(\frac{2,56 - 998,89b}{5}\right) + 560247b = 1563,89 \end{cases}$$

$$\begin{cases} c = \frac{2,56 - 998,89b}{5} \\ 100757,6b = 386,29 \end{cases} \begin{cases} c = \frac{2,56 - 998,89b}{5} \\ b = 0,0038 \end{cases} \begin{cases} c = \frac{2,56 - (998,89 \cdot 0,0038)}{5} \\ b = 0,0038 \end{cases}$$

$$\begin{cases} c = -0,247 \\ b = 0,0038. \end{cases}$$

9. Необхідно знайти коефіцієнт  $a$ . Підставивши значення параметра  $c$  в рівняння, одержуємо:

$$\lg a = -0,247,$$

$$\text{Звідки } a = 10^{-0,247} = 0,566.$$

Підставляючи  $a$  и  $b$  у рівняння показової функції, отримаємо:

$$y = 0,566e^{-0,247x}.$$

10. Підставляючи замість  $x$  експериментальні значення, знайти теоретичне значення  $y_{\text{теор}}$ .

Таблиця 10.3 – Значення емпіричної і теоретичної залежностей

$x$	200	300	400	600	800
$y_{\text{емп}}$	1	2	3	5	12
$y_{\text{теор}}$	1,21	1,77	2,59	5,53	11,83

11. Нанести теоретичні значення на графік рис. 10.2 і переконатися в їх збігу з емпіричними даними, які зображені на графіку у вигляді ламаної лінії.

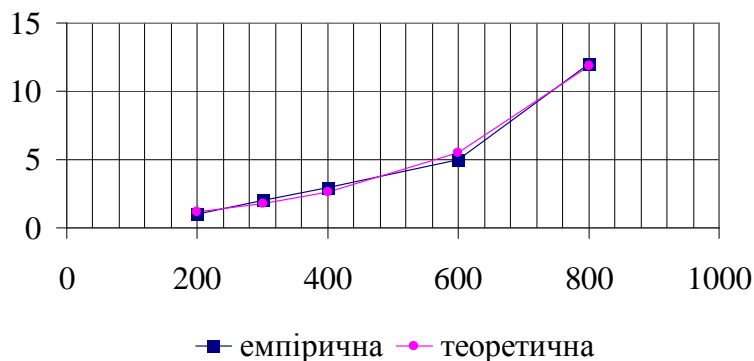


Рис. 10.2 – Залежність середньої кількості автомобілів у групі від інтенсивності руху

12. Оцінити, наскільки співпадають лінії емпіричної і теоретичної залежностей. Зробити висновки.

### Питання до самостійної роботи

1. Яким рівнянням описується показова функція?
2. У чому полягає спосіб найменших квадратів застосований для експоненціальної залежності? Для чого він використовується?
3. У чому різниця між емпіричною і теоретичною залежностями?

## Практичне завдання № 11

### ВИРІВНЮВАННЯ ЕМПІРИЧНИХ РЯДІВ СПОСОБОМ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ. ВИРІВНЮВАННЯ РЯДІВ ЗА ПОЛІНОМОМ

**Мета** - ознайомитися з методикою вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів.

#### **Завдання.**

Оцінити, наскільки співпадають лінії емпіричної і теоретичної кривих, що знаходяться в параболічній залежності, за допомогою вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів.

#### **Вихідні дані.**

Результати дослідження вимірювань згідно з варіантом. Варіанти вихідних даних подані в додатку Л.

#### **Порядок виконання завдання**

1. Побудувати графік дослідної залежності.
2. Побудувати емпіричне рівняння.
3. Побудувати графік теоретичної залежності
4. Оцінити, наскільки співпадають лінії емпіричної і теоретичної кривих.

#### **Методичні рекомендації до виконання роботи**

1. Обрати вихідні дані згідно з варіантом з додатку й подати у вигляді табл. 11.1. Результати вимірювання забруднення повітря окислом вуглецю від швидкості автомобіля:  $x$  - швидкість, км/год;  $y$  - вміст окису вуглецю, %.

Таблиця 11.1 – Забруднення повітря окислом вуглецю від швидкості автомобіля (варіант N)

$x$	20	30	50	80
$y$	175	142	110	100

2. За наслідками спостережень побудувати графік дослідної залежності від  $x$ , рис.11.1.

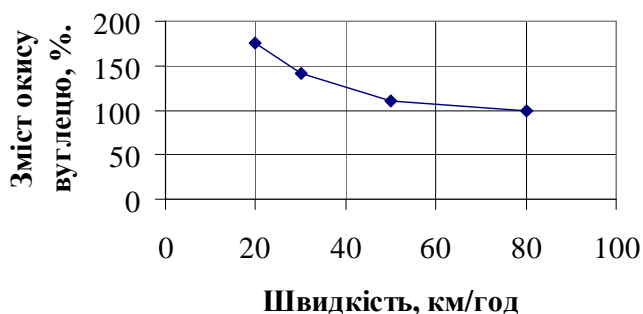


Рис. 11.1 – Експериментальна крива залежності вмісту окису вуглецю від швидкості автомобіля

3. За графіком визначити, яка залежність має місце. У даному випадку - параболічна залежність.

4. Для вирівнювання емпіричних рядів, що належать до закону параболічної функції, використовувати поліном вигляду:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots + mx^n, \quad (11.1)$$

де  $x$  і  $y$  - змінні;  $a, b, c, d, m$  - параметри.

Кількість членів полінома визначає вид параболи, яка може бути першого, другого, третього і т.д. порядку.

5. Система рівняння для визначення параметрів другого порядку має вигляд:

$$\begin{cases} \sum y = na_1 + b_1 \sum x + c_1 \sum x^2 \\ \sum yx = a_2 \sum x + b_2 \sum x^2 + c_2 \sum x^3 \\ \sum yx^2 = a_3 \sum x^2 + b_3 \sum x^3 + c_3 \sum x^4. \end{cases} \quad (11.2)$$

6. Вирішити систему рівнянь, підставляючи значення змінних величин (табл. 11.2).

Таблиця 11.2 – Значення змінних величин.

$x$	$y$	$xy$	$x^2$	$yx^2$	$x^3$	$x^4$
20	175	3500	400	70000	8000	160000
30	142	4260	900	127800	27000	810000
50	110	5500	2500	275000	125000	6250000
80	100	8000	6400	640000	512000	40960000
180	527	21260	10200	1112800	672000	48180000

7. Одержуємо три емпіричні рівняння з трьома невідомими  $a, b, c$ :

$$\begin{cases} 527 = 4a + 180b + 10200c \\ 21260 = 180a + 10200b + 672000c \\ 1112800 = 10200a + 672000b + 48180000c \end{cases}$$

8. Вирішити систему рівнянь, наприклад, використовуючи правило Крамера для системи лінійних рівнянь (див. Додаток К1).

9. Розраховуємо визначник  $A$ :

$$A = \begin{vmatrix} 4 & 180 & 10200 \\ 180 & 10200 & 672000 \\ 10200 & 672000 & 48180000 \end{vmatrix} = 4752000000.$$



10. Розрахуємо визначник матриці, який отримали з матриці системи заміною 1-го стовпця стовбцем вільних членів:

$$\Delta_1 = \begin{pmatrix} 527 & 180 & 10200 \\ 21260 & 10200 & 672000 \\ 1112800 & 672000 & 48180000 \end{pmatrix} = 1179900000000,$$

2-го стовпця

$$\Delta_2 = \begin{pmatrix} 4 & 527 & 10200 \\ 180 & 21260 & 672000 \\ 10200 & 1112800 & 48180000 \end{pmatrix} = -20854800000,$$

3-го стовпця

$$\Delta_3 = \begin{pmatrix} 4 & 180 & 527 \\ 180 & 10200 & 21260 \\ 10200 & 672000 & 1112800 \end{pmatrix} = 150840000.$$

11. Розрахуємо коефіцієнти системи лінійних рівнянь:

$$a = \frac{1179900000000}{4752000000} = 248,3,$$

$$b = \frac{-20854800000}{4752000000} = -4,39,$$

$$c = \frac{150840000}{4752000000} = 0,032.$$

12. Підставляючи у вираз (10.1) значення параметрів з системи рівнянь, одержати теоретичні рівняння залежності параметрів  $y = f(x)$ :

$$y = 248,73 - 4,39x + 0,032x^2. \quad (11.3)$$

13. Підставляючи значення змінної  $x$  в рівняння (11.3) одержуємо теоретичне значення змінної

Таблиця 11.3 – Значення емпіричної і теоретичної залежностей

$x$	20	30	50	80
$y_{емп}$	175	142	110	100
$y_{теор}$	172,3	145,45	109,45	99,7

14. Побудувати графік емпіричної і теоретичної залежностей (див. рис.11.2).

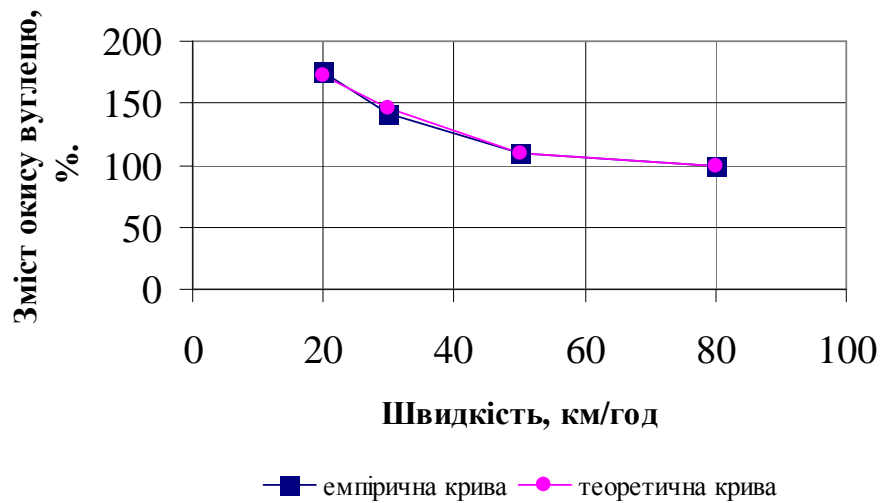


Рис. 11.2 – Залежність вмісту окису вуглецю від швидкості руху автомобіля

15. Порівняти графіки емпіричної і теоретичної залежностей, зробити висновок про рівень їх узгодженості. Зробити висновки.

### Питання до самостійної роботи

1. Яким рівнянням описується поліном?
2. Від чого залежить вид параболи?
3. У чому полягає спосіб найменших квадратів застосований? Для чого він використовується?
4. У чому різниця між емпіричною і теоретичною залежностями?

## Практичне завдання № 12

### ОПИС ДОСЛІДНИХ ДАНИХ НОРМАЛЬНИМ ЗАКОНОМ РОЗПОДІЛУ

**Мета:** ознайомитися з методикою підбору емпіричної формули при описі дослідних даних нормальним законом.

**Вихідні дані.**

Результати дослідження вимірювань згідно з варіантом. Варіанти вихідних даних подані в додатку М.

#### Порядок виконання роботи

1. Визначити відповідність досліджених даним опису нормального закону розподілу.
2. Визначити статистичне математичне очікування.
3. Обчислити статистичну дисперсію.
4. Визначити виправлене середнє квадратичне відхилення.
5. Обчислити теоретичні вірогідності попадання випадкової величини в кожен розряд.
6. Зробити висновки.

#### Методичні рекомендації до виконання роботи

1. Обрати вихідні дані згідно з варіантом з додатку. Результати спостережень за швидкістю вільного руху автомобіля типу МАЗ. Проведено  $N = 366$  вимірювань швидкості. Після обробки результати вимірювань згрупували в дев'ять рядів ( $n=9$ ), (табл. 12.1.)

Таблиця 12.1 – Результати спостереження за швидкістю вільного руху вантажного автомобіля типу МАЗ

Розряди швидкості вільного руху, (км/год)	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60
Емпіричні частоти попадання в розряд, $m_i^*$ , шт	6	13	38	74	106	85	30	10	4

Нормальний закон розподілу знаходить широке застосування на практиці. Зокрема, з його допомогою можна описати розподіл швидкості вільного руху автомобіля, швидкості руху пішохода, довжини гальмівного шляху автомобіля і т.д. Нормальний закон розподілу випадкової  $x$  величини має вигляд

$$f(x) = \frac{1}{\sigma(x)\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-(x-\bar{x})^2}{2[\sigma(x)]^2}} \quad (12.1)$$

$f(x)$  – щільність вірогідності вільної величини;

$\bar{x}$  - математичне очікування вільної величини;

$\sigma(x)$  - середнє квадратичне відхилення окремого значення випадкової величини від її математичного очікування.

Результативна сума спостережень частот рівна загальному числу спостережень ( $N=366$ ). Значення середини кожного розряду занести в табл. 12.2.

2. Розрахувати значення частостей попадання випадкової величини (швидкості вільного руху автомобіля типу МАЗ) в кожний з розрядів. Зробити це шляхом ділення емпіричних частот на загальне число вимірювань:

$$P_i^* = \frac{m_i^*}{N}, \quad (12.2)$$

$$P_1^* = \frac{6}{366} = 0,0163934 .$$

Аналогічно розраховують для інших рядів. Результати обчислень записати в табл.12.2.

Побудувати, (рис. 12.1) полігон емпіричних частостей (на серединах кожного розряду). Якщо вид цього полігону указує на можливість опису дослідженого розподілу швидкостей нормальним законом, для знаходження відповідної емпіричної формули виконати наступні розрахунки.

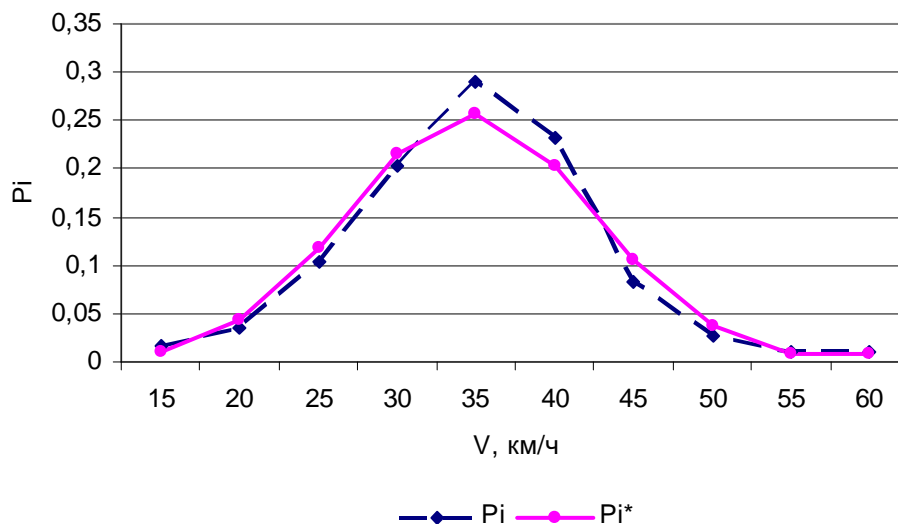


Рис. 12.1 - Досліджений полігон розподілу частостей швидкості вільного руху автомобіля МАЗ (1) і теоретична крива, що його описує

3. Визначити статистичне математичне очікування швидкості вільного руху автомобіля даного типу (км/год):

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^{i=n} X_i P_i^* \quad (12.3)$$

$$\bar{X} = 17,5 \cdot 0,0163934 + 22,5 \cdot 0,0355191 + 27,5 \cdot 0,020765 + \dots + 57,5 \cdot 0,0021857 = 37,2 \text{ км / год}$$

Результати проміжних обчислень занести в табл. 12.2 (колонка 5).

3. Обчислити статистичну дисперсію швидкості вільного руху автомобіля (км/год):

$$D^*(X) = \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{X})^2 P_i^*, \quad (12.4)$$

$$D^*(X) = (17,5 - 37,2)^2 \cdot 0,0163934 + (22,5 - 37,2)^2 \cdot 0,0355191 + (27,5 - 37,2)^2 \cdot 0,1038251 + \dots + (57,5 - 37,2)^2 \cdot 0,0109289 = 54,42 \text{ км}^2 / \text{год}^2$$

Результати проміжних обчислень також занести в табл. 12.2 (колонки 6,7)

4. Визначити виправлене середнє квадратичне відхилення окремого значення обміриваної швидкості від її математичного очікування (км/год):

$$\sigma(x) = \sqrt{\frac{n}{n-1} D^*(x)}, \quad (12.5)$$

$$\sigma(x) = \sqrt{\frac{9}{9-1} \cdot 54,42} = 7,8 \text{ км / год}.$$

5. Емпірична формула, що описує досвідчений розподіл нормальним законом представлена у формулі (12.1), підставляючи в неї  $x=V_0$ , маємо має вигляд

$$f(V_0) \cong \frac{1}{7,8\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(V_0-37,2)^2}{2 \cdot 61,2}}.$$

З використанням цієї формули знайти теоретичні частоти, тобто теоретичні вірогідності попадання швидкостей в розряди.

6. За цією формулою обчислити  $f(V_0)_i$  щільність вірогідності для середини кожного розряду і результати записати в колонку 8 табл. 12.2.

$$f(17,5)_1 = \frac{1}{7,8\sqrt{6,28}} e^{\frac{(17,5-37,2)^2}{121,6}} = 0,0021.$$

7. Обчислити теоретичні вірогідності попадання випадкової величини швидкості вільного руху в кожен розряд. Для цього застосувати точну формулу

з використанням функції Лапласа або за допомогою інтегральної функції нормального закону (є відповідні довідкові таблиці). Швидшим є наближений спосіб: площі трапецій замінюються рівновеликими площами прямокутників. При цьому шукана вірогідність чисельно рівна добутку площини на крок інтеграції, тобто

$$P_i(\alpha_i < X < \beta_i) \cong f(V_0)_i \Delta X \quad (12.4)$$

де  $\alpha, \beta$  – відповідно ліва й права межі даного  $i$ -го розряду.

Результати обчислень занести в табл. 12.2 (колонка 9). За цими даними побудувати криву теоретичних частотей (див. рис. 12.1).

8. Обчислити  $m_i$  теоретичні частоти попадання швидкості вільного руху автомобіля в розряди:

$$m_i = P_i N ,$$

$$m_1 = 0,0105 \cdot 366 = 3,843 .$$

Результати обчислень занести в табл. 12.2 (колонки 10,11).

Емпіричні  $m_i^*$  й теоретичні  $m_i$  частоти близькі за значеннями. Це свідчить про можливість опису результатів спостережень нормальним законом розподілу випадкових величин. Про це ж свідчить і задовільний збіг теоретичних  $P_i^*$  і  $P_i$  емпіричних частотей (див. рис. 12.1).

9. Зробити висновки.

### **Питання до самостійної роботи**

1. Сформулюйте нормальний закон розподілу.
2. Який вид має залежність нормального розподілу?
3. Що характеризує математичне очікування випадкової величини?
4. Що характеризує середнє квадратичне відхилення?

Таблиця 12.2 – Розрахунок результатів спостережень за швидкістю вільного руху важкого вантажного автомобіля типу МАЗ, описаних згідно з нормальним законом розподілу

Розряд	$\Delta x_i$	Середини розрядів $x_i$	Досліджені частоти попадання в розряди $P_i^*$	$x_i P_i^*$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2 P_i^*$	$f(v_0)_i$	$P_i = f(v_0)_i \Delta x$	Теоретичні частоти	
									$m_i$	Округлені $m_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	5	17,5	0,0163934	0,2868845	388,0893	6,3621031	0,0021	0,0105	3,843	4
2	5	22,5	0,0355191	0,7991797	216,0897	7,6753116	0,0087	0,0435	15,921	16
3	5	27,7	0,1038251	2,8551902	94,08998	9,7689015	0,0236	0,1180	43,225	43
4	5	32,5	0,2021857	6,5710352	22,09001	4,4662841	0,0427	0,2146	78,540	79
5	5	37,5	0,2896174	10,860652	0,09	0,0260655	0,0512	0,2561	93,732	94
6	5	42,5	0,2322404	9,870217	28,09	6,5236328	0,0406	0,2031	74,334	74
7	5	47,5	0,0819672	3,893442	106,09	8,6959008	0,0214	0,1071	39,198	39
8	5	52,5	0,0273224	1,434426	234,09	6,3959006	0,0075	0,0380	13,900	14
9	5	57,5	0,0109289	0,6284117	412,0891	4,5036805	0,0017	0,0085	2,928	3
			$\Sigma=1,00$	$\Sigma=37,199436$		$\Sigma=54,417776$		$\Sigma=1,0000$	$\Sigma=366$	$\Sigma=366$

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Основы научных исследований: Учебник для техн. вузов / В.И. Крутов, И. М. Грушко, В.В. Попов и др.; Под ред.. В.И. Крутоват, В.В. Попова. – М.: Высш. шк., 1989. – 400 с.
2. Основы научных исследований. / Сидоренко В.М., Грушко И.М. – Х: «Вища школа», 1977. – 200 с.
3. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы научных исследований» (Раздел «Планирование эксперимента»). / Э.В. Гаврилов, В.М. Кисляков. - Х.: ХАДИ, 1991. – 44 с.
4. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы научных исследований» (Раздел «Обработка экспериментальных данных»). / Э.В. Гаврилов, В.М. Кисляков, Е.И. Скорина. Х.: ХАДИ, 1988. – 54 с.
5. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы научных исследований» (Раздел «Регрессионный и системный анализ»). / Э.В. Гаврилов, В.М. Кисляков, Е.И. Скорина. - Х.: ХАДИ, 1988. – 60 с.



Варіанти завдання для самостійного вирішення

**Практичне завдання №1.** Відбір чинників експертним методом

Чинники, що впливають на фактичну швидкість руху одиночного автомобіля на кривій у плані.

Чинники	Позначення чинників
<i>Варіант 1</i>	
Модель автомобіля	X <sub>1</sub>
Радіус кривої в плані	X <sub>2</sub>
Крутизна поперечного ухилу проїжджої частини на віражі	X <sub>3</sub>
Слизькість покриття проїжджої частини	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 2</i>	
Безпека руху	X <sub>1</sub>
Рівність покриття проїжджої частини	X <sub>2</sub>
Потужність двигуна автомобіля	X <sub>3</sub>
Зручність руху	X <sub>4</sub>

Чинники, що впливають на фактичну швидкість руху одиночного автомобіля на прямій ділянці дороги.

Чинники	Позначення чинників
<i>Варіант 3</i>	
Ширина проїжджої частини	X <sub>1</sub>
Безпека руху	X <sub>2</sub>
Погодні умови	X <sub>3</sub>
Модель автомобіля	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 4</i>	
Протяжність маршруту	X <sub>1</sub>
Витрата пального	X <sub>2</sub>
Ступінь завантаження автомобіля	X <sub>3</sub>
Час доби	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 5</i>	
Тривалість роботи водія	X <sub>1</sub>
Тип покриття	X <sub>2</sub>
Модель автомобіля	X <sub>3</sub>
Обслуговування на дорозі	X <sub>4</sub>

Чинники, що впливають на фактичну довжину гальмівного шляху

Чинники	Позначення чинників
<i>Варіант 6</i>	
Швидкість руху	X <sub>1</sub>
Подовжній ухил дороги	X <sub>2</sub>
Стан покриття	X <sub>3</sub>
Тип покриття	X <sub>4</sub>

<i>Варіант 7</i>	
Кваліфікація водія	X <sub>1</sub>
Стан гальмівної системи	X <sub>2</sub>
Характер вантажу, що перевозиться	X <sub>3</sub>
Безпека руху	X <sub>4</sub>

Чинники, що впливають на фактичну швидкість руху автомобіля в потоці

Чинники	Позначення чинників
<i>Варіант 8</i>	
Склад автомобільного потоку	X <sub>1</sub>
Ширина проїжджої частини	X <sub>2</sub>
Схема організації дорожнього руху	X <sub>3</sub>
Обслуговування на дорозі	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 9</i>	
Модель автомобіля	X <sub>1</sub>
Інтенсивність руху на смузі	X <sub>2</sub>
Інтенсивність руху на дорозі	X <sub>3</sub>
Погодні умови	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 10</i>	
Безпека руху	X <sub>1</sub>
Витрата пального	X <sub>2</sub>
Технічний стан автомобіля	X <sub>3</sub>
Звивистість траси дороги в плані	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 11</i>	
Тривалість ділянки дороги в населеному пункті	X <sub>1</sub>
Безпека руху	X <sub>2</sub>
Наявність тротуарів уздовж забудови	X <sub>3</sub>
Інтенсивність дорожнього руху	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 12</i>	
Інтенсивність руху на смузі	X <sub>1</sub>
Подовжній ухил ділянки дороги	X <sub>2</sub>
Радіус дорожнього закруглення	X <sub>3</sub>
Довжина прямої ділянки дороги	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 13</i>	
Крутизна підйому	X <sub>1</sub>
Крутизна спуску	X <sub>2</sub>
Ширина проїжджої частини	X <sub>3</sub>
Щільність автомобільного потоку (число автомобілів на 1 км дороги)	X <sub>4</sub>

Чинники, що впливають на безпеку руху на вузлі доріг в одному рівні

Чинники	Позначення чинників
<i>Варіант 14</i>	
Схема вузла	X <sub>1</sub>
Сумарна інтенсивність руху на вузлі	X <sub>2</sub>
Розташування вузла на трасі дороги	X <sub>3</sub>
Тип покриття на вузлі	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 15</i>	
Інтенсивність руху на дорозі, що перетинається	X <sub>1</sub>
Число лівих поворотів	X <sub>2</sub>
Кут перетину доріг	X <sub>3</sub>
Тип покриття	X <sub>4</sub>

Чинники, що впливають на міцність дорожнього одягу

Чинники	Позначення чинників
<i>Варіант 16</i>	
Погодно-кліматичні умови	X <sub>1</sub>
Інтенсивність руху	X <sub>2</sub>
Склад автомобільного потоку	X <sub>3</sub>
Товщина покриття	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 17</i>	
Характеристики ґрунтової основи	X <sub>1</sub>
Вид зв'язуючого матеріалу	X <sub>2</sub>
Число смуг руху	X <sub>3</sub>
Технічна категорія дороги	X <sub>4</sub>

Чинники, що впливають на пропускну спроможність другорядної дороги на перетині її з головною в одному рівні

Чинники	Позначення чинників
<i>Варіант 18</i>	
Інтенсивність руху на головній дорозі	X <sub>1</sub>
Склад руху на другорядній дорозі	X <sub>2</sub>
Щільність черги автомобілів на другорядній дорозі	X <sub>3</sub>
Схема перетину доріг	X <sub>4</sub>

Чинники, що впливають на тривалість простою автомобіля, що виїжджає на головну дорогу (перетин в одному рівні)

Чинники	Позначення чинників
<i>Варіант 19</i>	
Інтенсивність руху на головній дорозі	X <sub>1</sub>
Вид маневру при в'їзді на головну дорогу	X <sub>2</sub>

Модель автомобіля	X <sub>3</sub>
Кваліфікація водія	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 20</i>	
Схема вузла доріг в одному рівні	X <sub>1</sub>
Інтенсивність руху на головній дорозі	X <sub>2</sub>
Безпека руху	X <sub>3</sub>
Слизькість покриття на в'їзді	X <sub>4</sub>

Чинники, що впливають на безпеку пішоходів

Чинники	Позначення чинників
<i>Варіант 21</i>	
Інтенсивність руху на дорозі	X <sub>1</sub>
Розташування пішохода	X <sub>2</sub>
Вік пішохода	X <sub>3</sub>
Час дня	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 22</i>	
Наявність технічних засобів регулювання	X <sub>1</sub>
Видимість в зоні пішохода	X <sub>2</sub>
Ширина проїжджої частини	X <sub>3</sub>
Схема організації руху в зоні переходу	X <sub>4</sub>

Чинники, що впливають на фактичну швидкість руху автомобіля в потоці

Чинники	Позначення чинників
<i>Варіант 23</i>	
Схема організації дорожнього руху	X <sub>1</sub>
Обслуговування на дорозі	X <sub>2</sub>
Склад автомобільного потоку	X <sub>3</sub>
Ширина проїжджої частини	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 24</i>	
Погодні умови	X <sub>1</sub>
Інтенсивність руху на смузі	X <sub>2</sub>
Інтенсивність руху на дорозі	X <sub>3</sub>
Модель автомобіля	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 25</i>	
Технічний стан автомобіля	X <sub>1</sub>
Витрата пального	X <sub>2</sub>
Безпека руху	X <sub>3</sub>
Звивистість траси дороги в плані	X <sub>4</sub>
<i>Варіант 26</i>	
Інтенсивність дорожнього руху	X <sub>1</sub>
Безпека руху	X <sub>2</sub>
Наявність тротуарів уздовж забудови	X <sub>3</sub>

Тривалість ділянки дороги в населеному пункті	$X_4$
<i>Варіант 27</i>	
Довжина прямої ділянки дороги	$X_1$
Інтенсивність руху на смузі	$X_2$
Радіус дорожнього закруглення	$X_3$
Подовжній ухил ділянки дороги	$X_4$
<i>Варіант 28</i>	
Щільність автомобільного потоку (число автомобілів на 1 км дороги)	$X_1$
Крутизна спуску	$X_2$
Крутизна підйому	$X_3$
Ширина проїжджої частини	$X_4$

Чинники, що впливають на тривалість простою автомобіля, який виїжджає на головну дорогу (перетин в одному рівні)

<b>Чинники</b>	<b>Позначення чинників</b>
<i>Варіант 29</i>	
Модель автомобіля	$X_1$
Вид маневру при в'їзді на головну дорогу	$X_2$
Кваліфікація водія	$X_3$
Інтенсивність руху на головній дорозі	$X_4$
<i>Варіант 30</i>	
Слизькість покриття на в'їзді	$X_1$
Схема вузла доріг в одному рівні	$X_2$
Безпека руху	$X_3$
Інтенсивність руху на головній дорозі	$X_4$

Варіанти завдання для самостійного вирішення

**Практичне завдання № 2. Відсіювання чинників за наслідками попереднього експерименту**

<i>Варіант 1</i>									
X <sub>1</sub>	55	20	17	43	12	32	28	20	21
X <sub>2</sub>	125	100	93	116	110	144	120	87	90
X <sub>3</sub>	60	20	20	50	20	50	40	40	30
<i>Варіант 2</i>									
X <sub>1</sub>	60	25	22	48	17	37	33	25	17
X <sub>2</sub>	140	115	108	131	125	159	135	102	105
X <sub>3</sub>	63	23	23	53	23	53	43	43	33
<i>Варіант 3</i>									
X <sub>1</sub>	8	7,7	9	8	9	13	12	10	11
X <sub>2</sub>	100	200	150	270	310	160	190	230	350
X <sub>3</sub>	40	42	60	45	66	87	90	80	12
<i>Варіант 4</i>									
X <sub>1</sub>	10	11	12	10	12	15	14	13	16
X <sub>2</sub>	130	230	180	300	340	190	220	260	380
X <sub>3</sub>	80	85	90	75	87	108	100	94	110
<i>Варіант 5</i>									
X <sub>1</sub>	17	13	16	15	9	13	8	9	11
X <sub>2</sub>	360	240	200	170	320	280	160	210	110
X <sub>3</sub>	115	92	110	108	60	92	50	62	83
<i>Варіант 6</i>									
X <sub>1</sub>	3	10	4	15	10	20	22	15	30
X <sub>2</sub>	63	45	50	40	52	40	35	48	40
X <sub>3</sub>	200	420	250	600	450	700	730	620	900
<i>Варіант 7</i>									
X <sub>1</sub>	5	12	6	17	12	22	24	17	32
X <sub>2</sub>	80	63	67	47	69	57	52	65	57
X <sub>3</sub>	220	420	270	620	470	720	750	640	920
<i>Варіант 8</i>									
X <sub>1</sub>	4	11	5	16	11	21	23	16	31
X <sub>2</sub>	75	58	62	42	64	52	47	60	52
X <sub>3</sub>	210	400	260	610	500	710	740	650	870
<i>Варіант 9</i>									
X <sub>1</sub>	2,5	7	3	10	7	15	5	15	20
X <sub>2</sub>	7	8,3	9	7,7	10	9,5	11	8	11
X <sub>3</sub>	150	450	200	600	430	750	350	680	800
<i>Варіант 10</i>									
X <sub>1</sub>	19	14	4	14	6	9	3	6	2,5
X <sub>2</sub>	7,5	8,8	9,5	8,2	10,5	10	11,5	8,5	11,5

X <sub>3</sub>	720	660	300	700	400	550	200	400	150
<i>Варіант 11</i>									
X <sub>1</sub>	4,5	9	5	12	9	17	7	17	22
X <sub>2</sub>	8	8,8	9,5	9,2	11	10,5	7,5	9	12
X <sub>3</sub>	200	500	250	650	480	800	400	730	850
<i>Варіант 12</i>									
X <sub>1</sub>	16	15,8	17	16	17	20	19	18	28
X <sub>2</sub>	65	69	67	75	72	75	84	71	81
X <sub>3</sub>	4	2	1	1	2	3	3	2	5
<i>Варіант 13</i>									
X <sub>1</sub>	25	15	16	17	14	13	14	12,7	13
X <sub>2</sub>	60	64	62	70	67	70	79	66	76
X <sub>3</sub>	5	3	2	3	3	4	5	3	6
<i>Варіант 14</i>									
X <sub>1</sub>	21	20,3	22	21	22	25	24	23	33
X <sub>2</sub>	80	72	74	70	78	81	89	75	85
X <sub>3</sub>	3	1	1	1	2	3	3	3	5
<i>Варіант 15</i>									
X <sub>1</sub>	3	4	6	7	9	10	12	17	19
X <sub>2</sub>	1	2	1	1,5	14	2	3	22	4
X <sub>3</sub>	2	4	5	6	8	9	11	14	15
<i>Варіант 16</i>									
X <sub>1</sub>	43,85	47,75	46,6	45,45	37,55	44,35	48,7	49,45	96,75
X <sub>2</sub>	74,25	3,69	3,75	1,2	28,79	5,09	8,38	7,4	1,29
X <sub>3</sub>	7,51	8,25	8,2	7,8	6,5	7,8	8,25	9	12
<i>Варіант 17</i>									
X <sub>1</sub>	3	6	9	15	18	24			
X <sub>2</sub>	45	48	53	57	62	69			
X <sub>3</sub>	135	288	477	855	116	1659			
X <sub>4</sub>	9	36	81	225	324	576			
<i>Варіант 18</i>									
X <sub>1</sub>	3	30	1,5	15	5	6	7	8	
X <sub>2</sub>	2	10	1	10	40	45	50	55	
X <sub>3</sub>	4	3,5	1,2	1,3	0,9	0,6	0,3	0,1	
<i>Варіант 19</i>									
X <sub>1</sub>	8,8	9,3	9,8	10,3	10,8	11,3	11,8	12,3	
X <sub>2</sub>	6,8	7,3	7,8	8,3	8,8	9,3	9,8	10,3	
X <sub>3</sub>	2	12	21	23	23	11	1	6	
<i>Варіант 20</i>									
X <sub>1</sub>	13	3	2	2	3	4	8		
X <sub>2</sub>	24	2	2	1	3	7	10		
X <sub>3</sub>	3	2	9	14	4	6	5		
X <sub>4</sub>	2	2	14	20	3	5	5		

X <sub>1</sub>	55	20	17	43	12	32	28	20	21
X <sub>2</sub>	125	100	93	116	110	144	120	87	90
X <sub>3</sub>	60	20	20	50	20	50	40	40	30
<i>Варіант 21</i>									
X <sub>1</sub>	52	17	14	40	9	29	25	17	18
X <sub>2</sub>	122	97	90	113	107	141	117	84	87
X <sub>3</sub>	57	17	17	47	17	47	37	37	27
<i>Варіант 22</i>									
X <sub>1</sub>	67	32	29	55	24	44	40	32	24
X <sub>2</sub>	147	122	115	138	132	166	142	109	112
X <sub>3</sub>	70	30	30	60	30	60	50	50	40
<i>Варіант 23</i>									
X <sub>1</sub>	11	10,7	12	11	12	16	15	13	14
X <sub>2</sub>	103	203	153	273	313	163	193	233	353
X <sub>3</sub>	43	45	63	48	69	90	93	83	15
<i>Варіант 24</i>									
X <sub>1</sub>	8	9	10	8	10	13	12	11	14
X <sub>2</sub>	128	228	178	298	338	188	218	258	378
X <sub>3</sub>	78	83	88	73	85	106	98	92	108
<i>Варіант 25</i>									
X <sub>1</sub>	24	20	23	22	16	20	15	16	18
X <sub>2</sub>	367	247	207	177	327	287	167	217	117
X <sub>3</sub>	122	99	117	115	67	99	57	69	90
<i>Варіант 26</i>									
X <sub>1</sub>	58	23	20	46	15	35	31	23	24
X <sub>2</sub>	128	103	96	119	113	147	123	90	93
X <sub>3</sub>	63	23	23	53	23	53	43	43	33
<i>Варіант 27</i>									
X <sub>1</sub>	53	18	15	41	10	30	26	18	10
X <sub>2</sub>	133	108	101	124	118	152	128	95	98
X <sub>3</sub>	56	16	16	46	16	46	36	36	26
<i>Варіант 28</i>									
X <sub>1</sub>	5	4,7	6	5	6	10	9	7	8
X <sub>2</sub>	97	197	147	267	307	157	187	227	347
X <sub>3</sub>	37	39	57	42	63	84	87	77	9
<i>Варіант 29</i>									
X <sub>1</sub>	12	13	14	12	14	17	16	15	18
X <sub>2</sub>	132	232	182	302	342	192	222	262	382
X <sub>3</sub>	82	87	92	77	89	110	102	96	112
<i>Варіант 30</i>									
X <sub>1</sub>	10	6	9	8	2	6	1	2	4
X <sub>2</sub>	353	233	193	163	313	273	153	203	103
X <sub>3</sub>	108	85	103	101	53	85	43	55	76



## ДОДАТОК В

Варіанти завдання для самостійного вирішення

**Практичне завдання № 3.** Визначення мінімального необхідного числа вимірювань, розподілених за нормальним законом, за наслідками попереднього експерименту

Результати попередніх вимірювань простої сенсорної реакції водія на світловий сигнал

Номери вимірювань	Час реакції, мс	Номери вимірювань	Час реакції, мс	Номери вимірювань	Час реакції, мс
<i>Варіант 1</i>					
1	187	7	161	13	127
2	192	8	188	14	191
3	186	9	125	15	182
4	203	10	194	16	157
5	144	11	162	17	191
6	184	12	143	18	195
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 2</i>					
1	235	7	205	13	184
2	163	8	161	14	131
3	152	9	192	15	141
4	178	10	153	16	155
5	161	11	215	17	163
6	131	12	211	18	163
Необхідна точність вимірювань 20 мс.					
<i>Варіант 3</i>					
1	228	7	176	13	217
2	184	8	194	14	171
3	168	9	198	15	187
4	174	10	193	16	171
5	211	11	196	17	189
6	215	12	182	18	209
Необхідна точність вимірювань 15 мс.					
<i>Варіант 4</i>					
1	170	7	192	13	201
2	183	8	168	14	193
3	164	9	168	15	219
4	181	10	164	16	215
5	163	11	238	17	190
6	190	12	121	18	192
Необхідна точність вимірювань 5 мс.					
<i>Варіант 5</i>					

1	187	7	192	13	186
2	161	8	188	14	125
3	127	9	191	15	182
4	235	10	163	16	152
5	205	11	161	17	192
6	184	12	131	18	141
Необхідна точність вимірювань 25 мс.					
<i>Варіант 6</i>					
1	228	7	184	13	168
2	176	8	194	14	198
3	217	9	171	15	187
4	170	10	183	16	164
5	192	11	168	17	168
6	121	12	201	18	193
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 7</i>					
1	203	7	144	13	184
2	194	8	162	14	143
3	157	9	191	15	195
4	178	10	161	16	131
5	153	11	215	17	211
6	202	12	155	18	163
Необхідна точність вимірювань 15 мс					
<i>Варіант 8</i>					
1	174	7	211	13	215
2	193	8	196	14	215
3	171	9	189	15	182
4	181	10	163	16	209
5	164	11	177	17	190
6	219	12	238	18	201
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 9</i>					
1	170	7	144	13	110
2	175	8	171	14	174
3	169	9	108	15	165
4	186	10	177	16	140
5	127	11	145	17	174
6	167	12	126	18	178
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 10</i>					
1	218	7	188	13	167
2	146	8	144	14	114
3	135	9	175	15	124

4	161	10	136	16	138
5	144	11	198	17	146
6	114	12	194	18	146
Необхідна точність вимірювань 20 мс.					
<i>Варіант 11</i>					
1	211	7	159	13	200
2	167	8	177	14	154
3	151	9	181	15	170
4	157	10	176	16	154
5	194	11	179	17	172
6	198	12	165	18	192
Необхідна точність вимірювань 15 мс.					
<i>Варіант 12</i>					
1	153	7	175	13	184
2	166	8	151	14	176
3	147	9	151	15	202
4	164	10	147	16	198
5	146	11	221	17	173
6	173	12	104	18	175
Необхідна точність вимірювань 5 мс.					
<i>Варіант 13</i>					
1	170	7	175	13	169
2	144	8	171	14	108
3	110	9	174	15	165
4	218	10	146	16	135
5	188	11	144	17	175
6	167	12	114	18	124
Необхідна точність вимірювань 25 мс.					
<i>Варіант 14</i>					
1	211	7	167	13	151
2	159	8	177	14	181
3	200	9	154	15	170
4	153	10	166	16	147
5	175	11	151	17	151
6	104	12	184	18	176
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 15</i>					
1	186	7	127	13	167
2	177	8	145	14	126
3	140	9	174	15	178
4	161	10	144	16	114
5	136	11	198	17	194
6	185	12	138	18	146

Необхідна точність вимірювань 15 мс					
<i>Варіант 16</i>					
1	157	7	194	13	198
2	176	8	179	14	198
3	154	9	172	15	165
4	164	10	146	16	192
5	147	11	160	17	173
6	202	12	221	18	184
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 17</i>					
1	172	7	146	13	112
2	177	8	173	14	176
3	171	9	110	15	167
4	188	10	179	16	142
5	129	11	147	17	176
6	169	12	128	18	180
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 18</i>					
1	220	7	190	13	169
2	148	8	146	14	116
3	137	9	177	15	126
4	163	10	138	16	140
5	146	11	200	17	148
6	116	12	196	18	148
Необхідна точність вимірювань 20 мс.					
<i>Варіант 19</i>					
1	213	7	161	13	202
2	169	8	179	14	156
3	153	9	183	15	172
4	159	10	178	16	156
5	196	11	181	17	174
6	200	12	167	18	194
Необхідна точність вимірювань 15 мс.					
<i>Варіант 20</i>					
1	155	7	177	13	186
2	168	8	153	14	178
3	149	9	153	15	204
4	166	10	149	16	200
5	148	11	223	17	175
6	175	12	106	18	177
Необхідна точність вимірювань 5 мс.					
<i>Варіант 21</i>					
1	172	7	177	13	171

2	146	8	173	14	110
3	112	9	176	15	167
4	220	10	148	16	137
5	190	11	146	17	177
6	169	12	116	18	126
Необхідна точність вимірювань 25 мс.					
<i>Варіант 22</i>					
1	213	7	169	13	153
2	161	8	179	14	183
3	202	9	156	15	172
4	155	10	168	16	149
5	177	11	153	17	153
6	106	12	186	18	178
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 23</i>					
1	188	7	129	13	169
2	179	8	147	14	128
3	142	9	176	15	180
4	163	10	146	16	116
5	138	11	200	17	196
6	187	12	140	18	148
Необхідна точність вимірювань 15 мс					
<i>Варіант 24</i>					
1	159	7	196	13	200
2	178	8	181	14	200
3	156	9	174	15	167
4	166	10	148	16	194
5	149	11	162	17	175
6	204	12	223	18	186
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 25</i>					
1	175	7	149	13	115
2	180	8	176	14	179
3	174	9	113	15	170
4	191	10	182	16	145
5	132	11	150	17	179
6	172	12	131	18	183
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					
<i>Варіант 26</i>					
1	223	7	193	13	172
2	151	8	149	14	119
3	140	9	180	15	129
4	166	10	141	16	143

5	149	11	203	17	151
6	119	12	199	18	151
Необхідна точність вимірювань 20 мс.					
<i>Варіант 27</i>					
1	216	7	164	13	205
2	172	8	182	14	159
3	156	9	186	15	175
4	162	10	181	16	159
5	199	11	184	17	177
6	203	12	170	18	197
Необхідна точність вимірювань 15 мс.					
<i>Варіант 28</i>					
1	158	7	180	13	189
2	171	8	156	14	181
3	152	9	156	15	207
4	169	10	152	16	203
5	151	11	226	17	178
6	178	12	109	18	180
Необхідна точність вимірювань 5 мс.					
<i>Варіант 29</i>					
1	175	7	180	13	174
2	149	8	176	14	113
3	115	9	179	15	170
4	223	10	151	16	140
5	193	11	149	17	180
6	172	12	119	18	129
Необхідна точність вимірювань 25 мс.					
<i>Варіант 30</i>					
1	216	7	172	13	156
2	164	8	182	14	186
3	205	9	159	15	175
4	158	10	171	16	152
5	180	11	156	17	156
6	109	12	189	18	181
Необхідна точність вимірювань 10 мс.					

**Варіанти завдання для самостійного виконання**  
**Практичне завдання № 4. Планування повного факторного експерименту**

Чинники, що впливають на швидкість руху автомобіля

*Варіант 1*

1-й чинник - інтенсивність руху на смузі ( $N_{\max} = 600 \text{ авт/год}$ ;  $N_{\min} = 150 \text{ авт/год}$ )

2-й чинник - частка легкових автомобілів у потоці ( $\rho_{\max} = 100\%$ ;  $\rho_{\min} = 0\%$ )

*Варіант 2*

1-й чинник - інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 500$ ;  $n_{\min} = 100 \text{ авт/ч}$ )

2-й чинник - радіус дорожнього закруглення ( $r_{\max} = 600$ ;  $r_{\min} = 100 \text{ м}$ )

*Варіант 3*

1-й чинник - інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\Sigma \min} = 200$ ;  $n_{\Sigma \max} = 900 \text{ авт / ч}$ )

2-й чинник - ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 12$ ;  $B_{\min} = 7 \text{ м}$ )

*Варіант 4*

1-й чинник - інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 550$ ;  $n_{\min} = 100 \text{ авт/ч}$ )

2-й чинник - коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям ( $\phi_{\max} = 0,8$ ;  $\phi_{\min} = 0,07$ )

*Варіант 5*

1-й чинник - радіус дорожнього закруглення ( $r_{\max} = 500$ ;  $r_{\min} = 30 \text{ м}$ )

2-й чинник - коефіцієнт поперечного зчеплення ( $\phi_{0\max} = 0,5$ ;  $\phi_{0\min} = 0,04$ )

*Варіант 6*

1-й чинник - інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 500$ ;  $n_{\min} = 150 \text{ авт/ч}$ )

2-й чинник - подовжній ухил ділянки дороги ( $i_{\max} = 40\%$ ;  $i_{\min} = 10\%$ )

*Варіант 7*

1-й чинник - інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 450$ ;  $n_{\min} = 100 \text{ авт/ч}$ )

2-й чинник - подовжній ухил ділянки дороги ( $i_{\max} = 50\%$ ;  $i_{\min} = 0\%$ )

*Варіант 8*

1-й чинник - інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 400$ ;  $n_{\min} = 50 \text{ авт/ч}$ )

2-й чинник - подовжній ухил ділянки дороги ( $i_{\max} = 50\%$ ;  $i_{\min} = 5\%$ )

*Варіант 9*

1-й чинник - ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 15$ ;  $B_{\min} = 6 \text{ м}$ )

2-й чинник - ширина узбіччя ( $B_{\max} = 3,75$ ;  $B_{\min} = 0,5 \text{ м}$ )

*Варіант 10*

1-й чинник - радіус дорожнього закруглення ( $r_{\max} = 600$ ;  $r_{\min} = 30 \text{ м}$ )

2-й чинник - ширина узбіччя ( $B_{\max} = 3,5$ ;  $B_{\min} = 0,5 \text{ м}$ )

*Варіант 11*

1-й чинник - інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 430$ ;  $n_{\min} = 30 \text{ авт/ч}$ )

2-й чинник - радіус дорожнього закруглення ( $r_{\max} = 300$ ;  $r_{\min} = 50 \text{ м}$ )

3-й чинник - слизькість покриття ( $\phi_{0\max} = 0,4$ ;  $\phi_{0\min} = 0,05$ )

*Варіант 12*

1-й чинник - інтенсивність руху на смузі ( $n_{\max} = 600$ ;  $n_{\min} = 150 \text{ авт/ч}$ )

2-й чинник - частка легкових автомобілів у потоці ( $\rho_{\max} = 100\%$ ;  $\rho_{\min} = 0\%$ )

3-й чинник - слизькість покриття ( $\phi_{\max} = 0,8$ ;  $\phi_{\min} = 0,1$ )

### Варіант 13

- 1-й чинник - поздовжній ухил ділянки дороги ( $i_{\max} = 50\text{‰}$ ;  $i_{\min} = 15\text{‰}$ )  
2-й чинник - слизкість покриття ( $\varphi_{\max} = 0,7$ ;  $\varphi_{\min} = 0,5$ )  
3-й чинник - частка легкових автомобілів в потоці ( $\rho_{\max} = 50\%$ ;  $\rho_{\min} = 0\%$ )

### Варіант 14

- 1-й чинник - радіус дорожнього закруглення ( $r_{\max} = 400$ ;  $r_{\min} = 80\text{м}$ )  
2-й чинник - ширина узбіччя ( $B_{\max} = 3,5$ ;  $B_{\min} = 1\text{м}$ )  
3-й чинник - поперечний ухил на віражі ( $i_{b\max} = 6\text{‰}$ ;  $i_{b\min} = 2\text{‰}$ )

### Чинники, що впливають на тривалість затримки пішохода

#### Варіант 15

- 1-й чинник - вік пішохода ( $W_{\max} = 70$ ;  $W_{\min} = 7\text{лет}$ )  
2-й чинник - інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum\min} = 400$ ;  $n_{\sum\max} = 900\text{авт / ч}$ )

#### Варіант 16

- 1-й чинник - вік пішохода ( $W_{\max} = 60$ ;  $W_{\min} = 17\text{лет}$ )  
2-й чинник - ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 11,25$ ;  $B_{\min} = 7\text{м}$ )

#### Варіант 17

- 1-й чинник - інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum\min} = 300$ ;  $n_{\sum\max} = 800\text{авт / ч}$ )  
2-й чинник - ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 9$ ;  $B_{\min} = 6\text{м}$ )

#### Варіант 18

- 1-й чинник - тривалість червоного сигналу світлофора ( $K_{\max} = 45$ ;  $K_{\min} = 12\text{с}$ )  
2-й чинник - вік пішохода ( $W_{\max} = 60$ ;  $W_{\min} = 8\text{лет}$ )

#### Варіант 19

- 1-й чинник - ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 15$ ;  $B_{\min} = 7,5\text{м}$ )  
2-й чинник - можлива швидкість пересування пішохода ( $V_{n\max} = 2,2$ ;  $V_{n\min} = 1,3\text{м/с}$ )

#### Варіант 20

- 1-й чинник - ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 15$ ;  $B_{\min} = 7,5\text{м}$ )  
2-й чинник - слизкість покриття ( $\varphi_{\max} = 0,7$ ;  $\varphi_{\min} = 0,1$ )

#### Варіант 21

- 1-й чинник - вік пішохода ( $W_{\max} = 60$ ;  $W_{\min} = 10\text{лет}$ )  
2-й чинник - інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum\min} = 400$ ;  $n_{\sum\max} = 850\text{авт / ч}$ )  
3-й чинник - ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 9$ ;  $B_{\min} = 6\text{м}$ )

#### Варіант 22

- 1-й чинник - тривалість червоного сигналу світлофора ( $K_{\max} = 32$ ;  $K_{\min} = 13\text{с}$ )  
2-й чинник - інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum\min} = 400$ ;  $n_{\sum\max} = 800\text{авт / ч}$ )  
3-й чинник - ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 12$ ;  $B_{\min} = 7\text{м}$ )

#### Варіант 23

- 1-й чинник - вік пішохода ( $W_{\max} = 70$ ;  $W_{\min} = 8\text{лет}$ )  
2-й чинник - тривалість червоного сигналу світлофора ( $K_{\max} = 54$ ;  $K_{\min} = 11\text{с}$ )  
3-й чинник - ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 11,25$ ;  $B_{\min} = 7\text{м}$ )

#### Варіант 24



1-й чинник - можлива швидкість пересування пішохода ( $V_{\max} = 2,4$ ;  $V_{\min} = 1$  м/с)

2-й чинник - ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 12$ ;  $B_{\min} = 6$  м)

3-й чинник - слизькість покриття для пішоходів ( $\ell_{\max} = 4$ ;  $\ell_{\min} = 1$ )

### **Фактори, що впливають на число автомобілів у черзі перед перехрестям**

#### *Варіант 25*

1-й чинник - інтенсивність руху на даній смузі ( $\lambda_{b\max} = 400$ ;  $\lambda_{b\min} = 100$  авт/ч)

2-й чинник - інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum\min} = 200$ ;  $n_{\sum\max} = 1000$  авт / ч)

3-й чинник - частка легкових автомобілів в потоці на смузі ( $\rho_{\max} = 100\%$ ;  $\rho_{\min} = 0\%$ )

#### *Варіант 26*

1-й чинник - тривалість червоного сигналу світлофора ( $K_{\max} = 52$ ;  $K_{\min} = 14$  с)

2-й чинник - інтенсивність руху на смузі ( $\lambda_{b\max} = 450$ ;  $\lambda_{b\min} = 200$  авт/ч)

3-й чинник - частка легкових автомобілів в потоці на смузі ( $\rho_{\max} = 100\%$ ;  $\rho_{\min} = 0\%$ )

#### *Варіант 27*

1-й чинник - швидкість автомобіля, якого обганяють ( $U_{\max} = 70$ ;  $U_{\min} = 20$  км/ч)

2-й чинник - швидкість автомобіля, що обганяє ( $V_{\max} = 90$ ;  $V_{\min} = 40$  км/ч)

3-й чинник - інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum\min} = 200$ ;  $n_{\sum\max} = 600$  авт / ч)

#### *Варіант 28*

1-й чинник - ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 18$ ;  $B_{\min} = 6,5$  м)

2-й чинник - слизькість покриття ( $\phi_{\max} = 0,6$ ;  $\phi_{\min} = 0,2$ )

#### *Варіант 29*

1-й чинник - інтенсивність руху на дорозі ( $n_{\sum\min} = 350$ ;  $n_{\sum\max} = 750$  авт / ч)

2-й чинник - ширина проїжджої частини ( $B_{\max} = 8$ ;  $B_{\min} = 5$  м)

#### *Варіант 30*

1-й чинник - тривалість червоного сигналу світлофора ( $K_{\max} = 41$ ;  $K_{\min} = 11$  с)

2-й чинник - вік пішохода ( $W_{\max} = 55$ ;  $W_{\min} = 7$  лет)

## ДОДАТОК Д

Варіанти завдання для самостійного вирішення  
**Практична робота №5.** Побудова емпіричних рядів регресії

Варіант 1												
x - час гальмування, с y - довжина шляху, м												
x	5	4	7,2	6	2,2	3,5	9	6,5	6,2	8,5	5,7	7
y	50	54	68	65	44	40	67	62	56	58	52	55
x	4,4	3	2,2	4,2	8	7,8	7,5	5,2				
y	60	45	51	47	64	70	59	58				
Варіант 2												
x - час гальмування, с y - довжина шляху, м												
x	6,5	5,5	4,75	5,5	5	4,5	3,75	4,25	4	3	2,5	3
y	15	25	30	35	37,5	40	40	50	55	55	60	65
x	2,25	2	2,5	1,25	2,75	1	1	1				
y	65	72,5	75	80	85	90	95	100				
Варіант 3												
x - швидкість, м/с y - інтервал між автомобілями, с												
x	30	8,5	18	8,5	6	15,5	20	19,5	32,5	7	8,5	10
y	10,5	6,5	7,5	9	6	6	8,5	12	12,5	8	7	8
x	23	14	14	5	13	10	25,5	23	5,5	35	27	14,5
y	8,5	7	7	7	7	8	9,52	7	5	8,5	13,2	7
x	15	8										
y	7	5										
Варіант 4												
x - швидкість, м/с y - інтервал між автомобілями, с												
x	17	8,5	10,6	21,5	23,5	4,5	12	19	11,5	16,5	7	15,5
y	18	11,3	16,5	21	6	13	18	18	14,5	13,4	13,4	20,5
x	13,5	14	11,5	6,5	11,5	10	12	4	7,5	15	8	9
y	12,5	14	12	7	12,3	12	19	8	9	12,5	11,5	5
Варіант 5												
x - швидкість, м/с y - інтервал між автомобілями, с												
x	3,8	15	23,5	12	3	25,5	7	10	38,5	5	18,5	6,5
y	12,5	7	14	8,5	4	13,5	6	13	15,05	5,06	7	3
x	10	10	15	4,5	5,5	35,5	18,5	17	18,5	6,5	10	
y	13	7,5	9,5	3	5	15,07	7	11	12,5	12	7,5	
Варіант 6												
x - швидкість, м/с y - інтервал між автомобілями, с												

x	14,5	18	29,5	7	25	35	23	15,5	20	19,5	10	10
y	5	8	8,5	5,1	7,5	9	8	7	7,5	8	7	6,3
Варіант 7												
x - шлях гальмування, м y - прискорення гальмування, м/с <sup>2</sup>												
x	60	55	55	50	47,5	45	40	40	37,5	35	32,6	30
y	3	2,5	3,5	3,75	3	4	2,75	3,75	4	3,25	3,5	4,25
x	27,5	25	25	20	17,5	15	10	10				
y	4,5	3,5	5	4,5	4	4,75	4	5,9				
Варіант 8												
x - час гальмування, с y - шлях гальмування, м												
x	5	5	4,5	4,5	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3
y	2	3	2,5	3,5	2	3	4	4,5	5,5	6,5	4	5,5
x	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	1,5				
y	7	5	6	7	7,5	6,5	8,5	8				
Варіант 9												
x - швидкість, м/с y - інтервал між автомобілями, с												
x	1	1,5	2	3	3	4	4	4,5	5,5	5	5,5	6,5
y	1	1,5	1	1,5	2	1,5	2,5	2	1,5	2,5	2	2,5
x	7	7,5	7,5	7,5	8	8,5	9	9,5				
y	3	2	3	3,5	3	3,5	4	3,5				
Варіант 10												
x - час гальмування, с y - шлях, м												
x	3,5	3,5	4	5	4,5	5	5	5,5	6	6	6,5	7
y	30	35	40	35	50	45	60	55	45	65	55	55
x	7	7,5	8	8,5	8,5	8,5	9,5	8,5				
y	65	65	70	60	75	85	75	80				
Варіант 11												
x - час гальмування, с y - шлях гальмування, м												
x	31	9,5	19	9,5	7	16,5	21	20,5	33,5	8	9,5	11
y	10,5	6,5	7,52	9	6	6	8,5	12	12,52	8	7	8
x	24	15	15	6	14	11	26,52	24	6,5	36	28	
y	8,8	7	7	7	7	8	9,5	7	5	8,5	13,2	
Варіант 12												
x - шлях, м y - інтервал між автомобілями, с												
x	30	8,5	18	8,5	6	15,5	20	19,5	32,5	7	8,5	10
y	11,5	8,5	8,5	10	7	7	9,5	13	13,5	9	8	9
x	23	14	14	5	13	10	25,5	23	5,5	35	27	

y	9,5	8	8,2	8,6	9	9,2	9,5	8	6	9,5	14,2	
<i>Варіант 13</i>												
x - шлях, м y - інтервал між автомобілями, с												
x	31	8,5	19	8,5	7	15,5	21	19,5	33,8	7	9,5	23
y	13,5	9,5	10,5	12	9	9	11,5	15	15,5	11	10	11
x	15	14	6	13	11	25,5	24	23	6,5	5,5	36	
y	11,5	10	10,2	10,6	11	12,2	12,5	10	8	11,5	16,2	
<i>Варіант 14</i>												
x - шлях, м y - інтервал між автомобілями, с												
x	30	8,5	18	8,5	6	15,5	20	19,5	32,5	7	8,5	10
y	15,5	11,5	12,5	14	11	11	13,5	17	17,5	13	12	13
x	23	14	14	5	13	10	25,5	23	5,5	35	27	
y	13,5	12	12	12	12	13	14,5	12	10	13,5	18,2	
<i>Варіант 15</i>												
x - швидкість, м/с y - інтервал між автомобілями, с												
x	17	8,5	10,6	21,5	23,5	5,5	13	19	12,5	16,5	7,3	13,5
y	19	12,3	17,5	22,5	22	7	14	19	19	15,5	14,4	21,5
x	14	12,6	7,3	11,5	10	12,7	4	7,55	15	8	8,9	
y	15	13	8	13,3	13	20	9	10	13,5	12,5	6	
<i>Варіант 16</i>												
x - швидкість, м/с y - інтервал між автомобілями, с												
x	19	9,5	12,5	21,6	25,5	6,5	14	21	13,5	18,7	9	18,5
y	18	11,3	16,5	21,5	21	6	13	18	18	14,5	13,4	20,5
x	15,5	16	13,5	9,5	13,5	13	15	6	9,5	17	10	
y	12,5	14	12	7	12,3	12	19	8	9	12,5	11,5	
<i>Варіант 17</i>												
x - швидкість, м/с y - інтервал між автомобілями, с												
x	3,9	15	23,1	12	3	25,6	7	10	38,5	5,1	18,5	6,5
y	13	8	15	9,5	5	14,5	7	14	16,05	6,05	8	4
x	10,1	10	15	4,5	5,56	35,5	18,5	17	18,6	6,5	10	
y	14	8,5	10,5	4	6	16,07	8	12	12,6	13	8,3	
<i>Варіант 18</i>												
x - швидкість, м/с y - інтервал між автомобілями, с												
x	5	16	24,2	13	4,7	26,2	8	12,3	40,5	7,1	20,5	7,6
y	12,5	7	14	8,5	4	13,5	6	13	15,05	5,55	7	3
x	11,2	12	16	6,5	6,56	36,3	19,5	18	19,6	7,5	11	
y	13	7,5	9,51	3	5	15,07	7	11	12,46	12	7,6	

Варіант 19												
<div>х - швидкість, м/с</div> <div>у - інтервал між автомобілями, с</div>												
x	6	17	25	14	5,7	27	9	13,2	42,5	8,2	21,6	8,6
y	14	9	16	10,5	6	15,5	8	15	17,1	7,3	8	5
x	12,2	13	17	7,5	8,7	37,2	21,4	19	20,6	8,62	12,7	
y	15	9,6	11,5	5	7	17,2	9	12,4	13,5	14	9,5	
Варіант 20												
<div>х - швидкість, м/с</div> <div>у - інтервал між автомобілями, с</div>												
x	14,5	18	29,5	7	25	35	23	15,5	20	19,5	10	10
y	6	9	9,5	6,1	8,5	10	9	8	8,5	9	7	8,2
x	17	8,5	10,6	21,5	23,5	4,5	12	19	11,5	16,5	7	
y	10	7	8	9,6	10,1	5,3	7	10,3	8,7	12	7,4	
Варіант 21												
<div>х - швидкість, м/с</div> <div>у - інтервал між автомобілями, с</div>												
x	15,5	18	30,5	8	26	36	23	16,5	21	20,5	11	18
y	6	9	9,5	6,2	9	10	9,3	8	8,5	9,1	7,4	8,2
x	8,5	11,6	22,5	24	5,5	13	20	12,5	16,5	8	7,3	
y	10	7	8	9,6	10,1	5,3	7	10,3	8,7	12	7,4	
Варіант 22												
<div>х - швидкість, м/с</div> <div>у - інтервал між автомобілями, с</div>												
x	15,5	18	30,5	10	28	36	23	16,5	21	20,5	11	8,5
y	8	11	11,5	8,2	11	12	11,3	10	10,5	11,5	9,4	10,2
x	11,6	22,5	24	8,5	13	20	12,5	16,5	8	7,3	16	
y	12	9	10	11,6	12,1	7,3	9	12,3	9,7	14	9,4	
Варіант 23												
<div>х - час гальмування, с</div> <div>у - шлях, м</div>												
x	6	5	8,2	6	3,2	4,5	10	7,5	7,22	9,5	6,7	8
y	51	55	69	66	45	41	68	62	57	59	53	56
x	5,4	4	3,2	5,2	9	8,8	8,5	6,2				
y	61	46	52	48	65	71	60	59				
Варіант 24												
<div>х - час гальмування, с</div> <div>у - шлях, м</div>												
x	5	6	7,2	8	3,2	3,5	11	6,5	8,2	8,5	7,7	7
y	50	54	68	65	44	40	67	62	56	58	52	55
x	6,4	3	4,2	4,25	10	7,8	9,5	5,2				
y	60	45	51	47	64	70	59	58				
Варіант 25												

х - час гальмування, с у - шлях, м												
x	5	4	7,2	6	2,2	3,5	9	6,5	6,2	8,5	5,7	7
y	53	57	71	68	47	43	70	65	59	61	55	58
x	4,4	3	2,2	4,2	8	7,8	7,5	5,2				
y	63	48	54	50	67	73	62	61				
Варіант 26												
х - час гальмування, с у - шлях, м												
x	7,5	6,5	5,75	6,5	6	5,5	4,75	5,25	5	4	3,5	4
y	15	25	30	35	37,5	40	40	50	55	55	60	65
x	3,25	3	3,5	2,25	3,75	3						
y	65	72,5	75	80	85	90						
Варіант 27												
х - час гальмування, с у - шлях, м												
x	6,5	5,5	4,25	5,5	5	4,5	3,75	4,25	4	3	2,5	2
y	10	20	25	30	32,5	35	35	45	50	50	55	60
x	2,25	2	2,5	1,25	2,75							
y	60	67,5	70	75	80							
Варіант 28												
х - час гальмування, с у - шлях, м												
x	9,5	8,5	7,75	8,5	8	7,5	6,75	7,25	7	6	5,5	6
y	18	28	33	38	40,5	43	43	53	58	58	63	68
x	5,25	5	5,5	4,25	5,75	5	4	4				
y	68	7,5	78	83	88	93	98	103				
Варіант 29												
х - час гальмування, с у - шлях, м												
x	3	2,5	3,5	3,75	3	4	2,75	3,75	4	3,25	3,5	4,25
y	60	55	55	50	47,5	45	40	40	37,5	35	32,5	30
x	4,5	3,5	5	4,5	4	4,75	4	5				
y	27,5	25	25	20	17,5	15	10	10				
Варіант 30												
х - час гальмування, с у - шлях, м												
x	4	3,5	4,5	4,75	4	5	3,75	4,75	5,1	4,25	4,5	5,25
y	60	55	56	51	47,5	45	41	42	37,5	36	33,5	30
x	5,5	4,5	6	5,5	5	5,75	5	6				
y	28	26	25	20	17,6	16	11	10				

Варіанти завдання для самостійного вирішення  
**Практична робота №6. Рівняння і коефіцієнти регресії**

Варіант 1												
х - час гальмування, с												
у - довжина шляху, м												
х	5	4	7,2	6	2,2	3,5	9	6,5	6,2	8,5	5,7	7
у	50	54	68	65	44	40	67	62	56	58	52	55
х	4,4	3	2,2	4,2	8	7,8	7,5	5,2				
у	60	45	51	47	64	70	59	58				
Варіант 2												
х - час гальмування, с												
у - довжина шляху, м												
х	6,5	5,5	4,75	5,5	5	4,5	3,75	4,25	4	3	2,5	3
у	15	25	30	35	37,5	40	40	50	55	55	60	65
х	2,25	2	2,5	1,25	2,75	1	1	1				
у	65	72,5	75	80	85	90	95	100				
Варіант 3												
х - швидкість, м/с												
у - інтервал між автомобілями, с												
х	30	8,5	18	8,5	6	15,5	20	19,5	32,5	7	8,5	10
у	10,5	6,5	7,5	9	6	6	8,5	12	12,5	8	7	8
х	23	14	14	5	13	10	25,5	23	5,5	35	27	14,5
у	8,5	7	7	7	7	8	9,52	7	5	8,5	13,2	7
х	15	8										
у	7	5										
Варіант 4												
х - швидкість, м/с												
у - інтервал між автомобілями, с												
х	17	8,5	10,6	21,5	23,5	4,5	12	19	11,5	16,5	7	15,5
у	18	11,3	16,5	21	6	13	18	18	14,5	13,4	13,4	20,5
х	13,5	14	11,5	6,5	11,5	10	12	4	7,5	15	8	9
у	12,5	14	12	7	12,3	12	19	8	9	12,5	11,5	5
Варіант 5												
х - швидкість, м/с												
у - інтервал між автомобілями, с												
х	3,8	15	23,5	12	3	25,5	7	10	38,5	5	18,5	6,5
у	12,5	7	14	8,5	4	13,5	6	13	15,05	5,06	7	3
х	10	10	15	4,5	5,5	35,5	18,5	17	18,5	6,5	10	
у	13	7,5	9,5	3	5	15,07	7	11	12,5	12	7,5	
Варіант 6												
х - швидкість, м/с												
у - інтервал між автомобілями, с												

x	14,5	18	29,5	7	25	35	23	15,5	20	19,5	10	10
y	5	8	8,5	5,1	7,5	9	8	7	7,5	8	7	6,3
Варіант 7												
x - шлях гальмування, м y - прискорення гальмування, м/с <sup>2</sup>												
x	60	55	55	50	47,5	45	40	40	37,5	35	32,6	30
y	3	2,5	3,5	3,75	3	4	2,75	3,75	4	3,25	3,5	4,25
x	27,5	25	25	20	17,5	15	10	10				
y	4,5	3,5	5	4,5	4	4,75	4	5,9				
Варіант 8												
x - час гальмування, с y - шлях гальмування, м												
x	5	5	4,5	4,5	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3
y	2	3	2,5	3,5	2	3	4	4,5	5,5	6,5	4	5,5
x	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	1,5				
y	7	5	6	7	7,5	6,5	8,5	8				
Варіант 9												
x - швидкість, м/с y - інтервал між автомобілями, с												
x	1	1,5	2	3	3	4	4	4,5	5,5	5	5,5	6,5
y	1	1,5	1	1,5	2	1,5	2,5	2	1,5	2,5	2	2,5
x	7	7,5	7,5	7,5	8	8,5	9	9,5				
y	3	2	3	3,5	3	3,5	4	3,5				
Варіант 10												
x - час гальмування, с y - шлях, м												
x	3,5	3,5	4	5	4,5	5	5	5,5	6	6	6,5	7
y	30	35	40	35	50	45	60	55	45	65	55	55
x	7	7,5	8	8,5	8,5	8,5	9,5	8,5				
y	65	65	70	60	75	85	75	80				
Варіант 11												
x - час гальмування, с y - шлях гальмування, м												
x	31	9,5	19	9,5	7	16,5	21	20,5	33,5	8	9,5	11
y	10,5	6,5	7,52	9	6	6	8,5	12	12,52	8	7	8
x	24	15	15	6	14	11	26,52	24	6,5	36	28	
y	8,8	7	7	7	7	8	9,5	7	5	8,5	13,2	
Варіант 12												
x - шлях, м y - інтервал між автомобілями, с												
x	30	8,5	18	8,5	6	15,5	20	19,5	32,5	7	8,5	10
y	11,5	8,5	8,5	10	7	7	9,5	13	13,5	9	8	9
x	23	14	14	5	13	10	25,5	23	5,5	35	27	



у	9,5	8	8,2	8,6	9	9,2	9,5	8	6	9,5	14,2	
<i>Варіант 13</i>												
х - шлях, м у - інтервал між автомобілями, с												
х	31	8,5	19	8,5	7	15,5	21	19,5	33,8	7	9,5	23
у	13,5	9,5	10,5	12	9	9	11,5	15	15,5	11	10	11
х	15	14	6	13	11	25,5	24	23	6,5	5,5	36	
у	11,5	10	10,2	10,6	11	12,2	12,5	10	8	11,5	16,2	
<i>Варіант 14</i>												
х - шлях, м у - інтервал між автомобілями, с												
х	30	8,5	18	8,5	6	15,5	20	19,5	32,5	7	8,5	10
у	15,5	11,5	12,5	14	11	11	13,5	17	17,5	13	12	13
х	23	14	14	5	13	10	25,5	23	5,5	35	27	
у	13,5	12	12	12	12	13	14,5	12	10	13,5	18,2	
<i>Варіант 15</i>												
х - швидкість, м/с у - інтервал між автомобілями, с												
х	17	8,5	10,6	21,5	23,5	5,5	13	19	12,5	16,5	7,3	13,5
у	19	12,3	17,5	22,5	22	7	14	19	19	15,5	14,4	21,5
х	14	12,6	7,3	11,5	10	12,7	4	7,55	15	8	8,9	
у	15	13	8	13,3	13	20	9	10	13,5	12,5	6	
<i>Варіант 16</i>												
х - швидкість, м/с у - інтервал між автомобілями, с												
х	19	9,5	12,5	21,6	25,5	6,5	14	21	13,5	18,7	9	18,5
у	18	11,3	16,5	21,5	21	6	13	18	18	14,5	13,4	20,5
х	15,5	16	13,5	9,5	13,5	13	15	6	9,5	17	10	
у	12,5	14	12	7	12,3	12	19	8	9	12,5	11,5	
<i>Варіант 17</i>												
х - швидкість, м/с у - інтервал між автомобілями, с												
х	3,9	15	23,1	12	3	25,6	7	10	38,5	5,1	18,5	6,5
у	13	8	15	9,5	5	14,5	7	14	16,05	6,05	8	4
х	10,1	10	15	4,5	5,56	35,5	18,5	17	18,6	6,5	10	
у	14	8,5	10,5	4	6	16,07	8	12	12,6	13	8,3	
<i>Варіант 18</i>												
х - швидкість, м/с у - інтервал між автомобілями, с												
х	5	16	24,2	13	4,7	26,2	8	12,3	40,5	7,1	20,5	7,6
у	12,5	7	14	8,5	4	13,5	6	13	15,05	5,55	7	3
х	11,2	12	16	6,5	6,56	36,3	19,5	18	19,6	7,5	11	
у	13	7,5	9,51	3	5	15,07	7	11	12,46	12	7,6	

<i>Варіант 19</i>												
х - швидкість, м/с												
у - інтервал між автомобілями, с												
х	6	17	25	14	5,7	27	9	13,2	42,5	8,2	21,6	8,6
у	14	9	16	10,5	6	15,5	8	15	17,1	7,3	8	5
х	12,2	13	17	7,5	8,7	37,2	21,4	19	20,6	8,62	12,7	
у	15	9,6	11,5	5	7	17,2	9	12,4	13,5	14	9,5	
<i>Варіант 20</i>												
х - швидкість, м/с												
у - інтервал між автомобілями, с												
х	14,5	18	29,5	7	25	35	23	15,5	20	19,5	10	10
у	6	9	9,5	6,1	8,5	10	9	8	8,5	9	7	8,2
х	17	8,5	10,6	21,5	23,5	4,5	12	19	11,5	16,5	7	
у	10	7	8	9,6	10,1	5,3	7	10,3	8,7	12	7,4	
<i>Варіант 21</i>												
х - швидкість, м/с												
у - інтервал між автомобілями, с												
х	15,5	18	30,5	8	26	36	23	16,5	21	20,5	11	18
у	6	9	9,5	6,2	9	10	9,3	8	8,5	9,1	7,4	8,2
х	8,5	11,6	22,5	24	5,5	13	20	12,5	16,5	8	7,3	
у	10	7	8	9,6	10,1	5,3	7	10,3	8,7	12	7,4	
<i>Варіант 22</i>												
х - швидкість, м/с												
у - інтервал між автомобілями, с												
х	15,5	18	30,5	10	28	36	23	16,5	21	20,5	11	8,5
у	8	11	11,5	8,2	11	12	11,3	10	10,5	11,5	9,4	10,2
х	11,6	22,5	24	8,5	13	20	12,5	16,5	8	7,3	16	
у	12	9	10	11,6	12,1	7,3	9	12,3	9,7	14	9,4	
<i>Варіант 23</i>												
х - час гальмування, с												
у - шлях, м												
х	6	5	8,2	6	3,2	4,5	10	7,5	7,22	9,5	6,7	8
у	51	55	69	66	45	41	68	62	57	59	53	56
х	5,4	4	3,2	5,2	9	8,8	8,5	6,2				
у	61	46	52	48	65	71	60	59				
<i>Варіант 24</i>												
х - час гальмування, с												
у - шлях, м												
х	5	6	7,2	8	3,2	3,5	11	6,5	8,2	8,5	7,7	7
у	50	54	68	65	44	40	67	62	56	58	52	55
х	6,4	3	4,2	4,25	10	7,8	9,5	5,2				
у	60	45	51	47	64	70	59	58				
<i>Варіант 25</i>												

х - час гальмування, с												
у - шлях, м												
х	5	4	7,2	6	2,2	3,5	9	6,5	6,2	8,5	5,7	7
у	53	57	71	68	47	43	70	65	59	61	55	58
х	4,4	3	2,2	4,2	8	7,8	7,5	5,2				
у	63	48	54	50	67	73	62	61				
Варіант 26												
х - час гальмування, с												
у - шлях, м												
х	7,5	6,5	5,75	6,5	6	5,5	4,75	5,25	5	4	3,5	4
у	15	25	30	35	37,5	40	40	50	55	55	60	65
х	3,25	3	3,5	2,25	3,75	3						
у	65	72,5	75	80	85	90						
Варіант 27												
х - час гальмування, с												
у - шлях, м												
х	6,5	5,5	4,25	5,5	5	4,5	3,75	4,25	4	3	2,5	2
у	10	20	25	30	32,5	35	35	45	50	50	55	60
х	2,25	2	2,5	1,25	2,75							
у	60	67,5	70	75	80							
Варіант 28												
х - час гальмування, с												
у - шлях, м												
х	9,5	8,5	7,75	8,5	8	7,5	6,75	7,25	7	6	5,5	6
у	18	28	33	38	40,5	43	43	53	58	58	63	68
х	5,25	5	5,5	4,25	5,75	5	4	4				
у	68	7,5	78	83	88	93	98	103				
Варіант 29												
х - час гальмування, с												
у - шлях, м												
х	3	2,5	3,5	3,75	3	4	2,75	3,75	4	3,25	3,5	4,25
у	60	55	55	50	47,5	45	40	40	37,5	35	32,5	30
х	4,5	3,5	5	4,5	4	4,75	4	5				
у	27,5	25	25	20	17,5	15	10	10				
Варіант 30												
х - час гальмування, с												
у - шлях, м												
х	4	3,5	4,5	4,75	4	5	3,75	4,75	5,1	4,25	4,5	5,25
у	60	55	56	51	47,5	45	41	42	37,5	36	33,5	30
х	5,5	4,5	6	5,5	5	5,75	5	6				
у	28	26	25	20	17,6	16	11	10				

Варіанти завдання для самостійного вирішення  
**Практичне завдання № 7. Кореляційне відношення**

Варіант 1												
x	3,3	3,1	2,4	3,1	2,6	2,4	3,4	3,4	3,4	2,9	3,2	
y	7,5	5,7	5,5	6,8	6,1	6,2	5,0	6,3	5,5	6,7	5,3	
Варіант 2												
x	6,5	6,8	6,7	6,7	6,4	4,8	6,2	6,2	4,8	5,7	5,2	
y	6,8	6,3	5,5	6,1	5,3	5,2	5,4	5,7	5	5,1	5,4	
Варіант 3												
x	65	65	31,5	32	28,5	24	31	33	32	32,5	26	
y	0,6	0,55	0,54	0,53	0,5	0,5	0,54	0,75	0,68	0,56	0,53	
Варіант 4												
x	66	62	64	65	65	67	67	57	52	66	48	62
y	7,5	5,7	5,75	6,8	5,7	5,45	6,01	6,7	6,35	7,5	5,02	5,71
x	64	65	66									
y	5,35	6,92	7,54									
Варіант 5												
x	6,6	5,2	5,7	6,2	4,8	6,2	4,8	6,4	6,7	6,7	6,5	
y	0,75	0,54	0,67	0,51	0,57	0,5	0,52	0,53	0,61	0,55	0,68	
Варіант 6												
x	65	68	67	67	64	62	48	62	57	59	57	52
y	0,68	0,63	0,55	0,61	0,54	0,54	0,52	0,57	0,51	0,68	0,51	0,54
x	66	66	64	67								
y	0,75	0,75	0,53	0,67								
Варіант 7												
x	33	31	31	34	34	29	32	24	26	24	28	32
y	75	57	55	63	56	68	55	51	63	50	64	68
x	24	26	33	32	34	26	24	28				
y	48	65	78	71	66	66	54	62				
Варіант 8												
x	4,3	4,1	3,4	4,1	3,6	3,4	4,4	4,4	4,4	3,9	4,2	
y	8,5	6,7	6,5	7,8	7,1	7,2	6	7,3	6,5	7,7	6,3	
Варіант 9												
x	67	67	33,5	34	30,5	26	33	35	34	34,5	28	
y	0,55	0,5	0,49	0,48	0,45	0,45	0,49	0,7	0,63	0,51	0,48	
Варіант 10												
x	64	60	62	63	63	65	65	55	50	64	46	60
y	7	5,2	5,25	6,3	5,2	4,95	5,51	6,2	5,85	7	4,52	5,21
x	62	63	64									
y	4,85	6,42	7,04									
Варіант 11												
x	68	64	66	67	67	69	69	59	54	68	50	64
y	9	7,2	7,25	8,3	7,2	6,95	7,51	8,2	7,85	9	6,52	7,21
x	66	67	68									
y	6,85	8,42	9,04									
Варіант 12												
x	11,6	10,2	10,7	11,2	9,8	11,2	9,8	11,4	11,7	11,7	11,5	
y	2,75	2,54	2,67	2,51	2,57	2,5	2,52	2,53	2,61	2,55	2,68	

<i>Варіант 13</i>												
<i>x</i>	13,6	12,2	12,7	13,2	11,8	13,2	11,8	13,4	13,7	13,7	13,5	
<i>y</i>	0,73	0,52	0,65	0,49	0,55	0,48	0,5	0,51	0,59	0,53	0,66	
<i>Варіант 14</i>												
<i>x</i>	14,6	13,2	13,7	14,2	12,8	14,2	12,8	14,4	14,7	14,7	14,5	
<i>y</i>	5,95	5,74	5,87	5,71	5,77	5,7	5,72	5,73	5,81	5,75	5,88	
<i>Варіант 15</i>												
<i>x</i>	62,5	65,5	64,5	64,5	61,5	59,5	45,5	59,5	54,5	56,5	54,5	49,5
<i>y</i>	0,83	0,78	0,7	0,76	0,69	0,69	0,67	0,72	0,66	0,83	0,66	0,69
<i>x</i>	63,5	63,5	61,5	64,5								
<i>y</i>	0,9	0,9	0,68	0,82								
<i>Варіант 16</i>												
<i>x</i>	60	63	62	62	59	57	43	57	52	54	52	47
<i>y</i>	0,53	0,48	0,4	0,46	0,39	0,39	0,37	0,42	0,36	0,53	0,36	0,39
<i>x</i>	61	61	59	62								
<i>y</i>	0,6	0,6	0,38	0,52								
<i>Варіант 17</i>												
<i>x</i>	53	56	55	55	52	50	36	50	45	47	45	40
<i>y</i>	3,38	3,33	3,25	3,31	3,24	3,24	3,22	3,27	3,21	3,38	3,21	3,24
<i>x</i>	54	54	52	55								
<i>y</i>	3,45	3,45	3,23	3,37								
<i>Варіант 18</i>												
<i>x</i>	44	47	46	46	43	41	27	41	36	38	36	31
<i>y</i>	3,98	3,93	3,85	3,91	3,84	3,84	3,82	3,87	3,81	3,98	3,81	3,84
<i>Варіант 19</i>												
<i>x</i>	82	85	84	84	81	79	65	79	74	76	74	69
<i>y</i>	0,38	0,33	0,25	0,31	0,24	0,24	0,22	0,27	0,21	0,38	0,21	0,24
<i>Варіант 20</i>												
<i>x</i>	58	61	60	60	57	55	41	55	50	52	50	45
<i>y</i>	0,98	0,93	0,85	0,91	0,84	0,84	0,82	0,87	0,81	0,98	0,81	0,84
<i>Варіант 21</i>												
<i>x</i>	50	53	52	52	49	47	33	47	42	44	42	37
<i>y</i>	3,25	3,2	3,12	3,18	3,11	3,11	3,09	3,14	3,08	3,25	3,08	3,11
<i>Варіант 22</i>												
<i>x</i>	64	67	66	66	63	61	47	61	56	58	56	51
<i>y</i>	3,27	3,22	3,14	3,2	3,13	3,13	3,11	3,16	3,1	3,27	3,1	3,13
<i>Варіант 23</i>												
<i>x</i>	47	50	49	49	46	44	30	44	39	41	39	34
<i>y</i>	2,27	2,22	2,14	2,2	2,13	2,13	2,11	2,16	2,1	2,27	2,1	2,13
<i>Варіант 24</i>												
<i>x</i>	54	57	56	56	53	51	37	51	46	48	46	41
<i>y</i>	1,27	1,22	1,14	1,2	1,13	1,13	1,11	1,16	1,1	1,27	1,1	1,13
<i>Варіант 25</i>												
<i>x</i>	73	76	75	75	72	70	56	70	65	67	65	60
<i>y</i>	0,59	0,54	0,46	0,52	0,45	0,45	0,43	0,48	0,42	0,59	0,42	0,45
<i>Варіант 26</i>												
<i>x</i>	38	41	40	40	37	35	21	35	30	32	30	25
<i>y</i>	6,64	6,59	6,51	6,57	6,5	6,5	6,48	6,53	6,47	6,64	6,47	6,5
<i>Варіант 27</i>												
<i>x</i>	47	50	49	49	46	44	30	44	39	41	39	34

$y$	4,64	4,59	4,51	4,57	4,5	4,5	4,48	4,53	4,47	4,64	4,47	4,5
<i>Варіант 28</i>												
$x$	55	58	57	57	54	52	38	52	47	49	47	42
$y$	1,09	1,04	0,96	1,02	0,95	0,95	0,93	0,98	0,92	1,09	0,92	0,95
$x$	56	56	54	57								
$y$	1,16	1,16	0,94	1,08								
<i>Варіант 29</i>												
$x$	56,5	59,5	58,5	58,5	55,5	53,5	39,5	53,5	48,5	50,5	48,5	43,5
$y$	0,59	0,54	0,46	0,52	0,45	0,45	0,43	0,48	0,42	0,59	0,42	0,45
$x$	57,5	57,5	55,5	58,5								
$y$	0,66	0,66	0,44	0,58								
<i>Варіант 30</i>												
$x$	57,55	60,55	59,55	59,55	56,55	54,55	40,55	54,55	49,55	51,55	49,55	44,55
$y$	0,69	0,64	0,56	0,62	0,55	0,55	0,53	0,58	0,52	0,69	0,52	0,55
$x$	58,55	58,55	56,55	59,55								
$y$	0,76	0,76	0,54	0,68								

Варіанти завдання для самостійного вирішення  
**Практична робота №8. Перевірка відтворюваності дослідів**

Варіант	Серія дослідів	Результати випробування на міцність при стисненні, МПа				
		$Y_{j1}$	$Y_{j2}$	$Y_{j3}$	$Y_{j4}$	$Y_{j5}$
1	1	6,4	5,6	6,7	7	
	2	5	4,8	4,9	6,8	
	3	13,1	14,2	13,2	11,2	
	4	17,2	18,2	18,6	17	
	5	7,8	6,0	10	8	
2	1	49,2	48,8	57	52	
	2	49	51,2	54	54,6	
	3	48,2	52,6	52	50	
	4	54,4	52	50,7	48,6	
	5	48,4	48,3	52,3	51,6	
3	1	26,8	29	30	29,2	24,2
	2	27,6	29,2	28,8	27	27,2
	3	26,2	27,4	29,6	28	28,4
	4	29,4	28,9	28,1	26,3	27,8
4	1	45,6	46,4	45		
	2	55,2	48,4	44,6		
	3	45,0	42,4	47,2		
	4	44,2	44	40,4		
	5	48	44,8	48,3		
	6	41,4	46,3	44,4		
	7	45,6	48,4	46,8		
5	1	35	35	32	31,2	34,4
	2	30	32,9	33,5	30	36,6
	3	31,8	32,7	32,5	30,9	34,7
	4	32,4	34,8	33,2	33,6	33,6
	5	36	34,4	34,8	35,2	34,7
	6	30,7	34	32,7	33,2	33
6	1	38,4	38,8	35,2	39	38,2
	2	37,7	36,7	37,2	37,1	38,4
	3	38	37,8	37,7	36,6	38
7	1	75	68,2	72,2	69,2	
	2	76,8	71,2	72,1	74,4	
	3	78,8	77,4	71,2	79,8	
	4	74,5	78	76,8	78,5	
8	1	57,2	63,2	58,6	56,8	
	2	58,4	54	55,6	54,4	
	3	58,8	54,5	58,4	51	

	4	58,3	57,2	54,4	58,6	
	5	59	60	60	59,2	
9	1	85,8	78,8	88	83,2	
	2	80,2	81,7	79,8	84,4	
	3	82,4	81,2	80	81,2	
	4	81,4	80	80,7	79,3	
10	1	19,2	24,3	21,4	21,6	
	2	21,6	22	23,2	22,2	
	3	21,8	21,6	25,6	22,7	
	4	23,8	23,2	22,6	23,6	
11	1	63	63,6	62,6		
	2	61,4	59,7	62		
	3	61	63	60,4		
12	1	57,2	57,8	57,3	57,4	
	2	58,5	59,2	59	58,9	
	3	59,5	58,4	57,2	56,8	
	4	58,5	58,2	57,8	60	
13	1	63,7	64,7	64,3	62,7	62
	2	62,7	63	62,5	62,2	63,4
	3	62,5	63	59,8	61,4	62,6
	4	62,6	64	63,9	63,5	64,2
14	1	60,6	60,2	61,3	60,5	61
	2	60,4	59,3	61,2	60,4	61,5
	3	60	60,5	62,2	61,3	61
	4	62,9	62,5	61,7	62,3	60,6
15	1	88	85	93,2	93,6	88,4
	2	84,8	85,2	87,2	92,8	95,2
	3	93,6	92,2	91,6	83,2	84,4
	4	82,4	86,4	84,8	85,4	87,2
16	1	72	70	71,6	72	76
	2	77,2	78	73,6	77,2	81,87
	3	73,6	71,6	76,4	78	78,1
	4	76	78,4	76,4	78,5	78,8
17	1	28	28,4	29,2		
	2	29,6	28,8	23,9		
	3	28,6	29,6	24,7		
	4	27,3	38,2	29		
	5	26,9	27	28,9		
18	1	60,8	73,8	74,5	63,5	
	2	66,7	67,5	62	67,3	
	3	70,25	68	63,3	65	
19	1	43,8	56,3	49,3		
	2	55	44,8	49		



	3	47,5	50	48,8		
	4	47,9	50,4	49,3		
20	1	38	30	32,1	37,5	
	2	35,5	35,8	36,6	35,3	
	3	35	30	31,2	33,1	
	4	37,5	32,5	37,32	30,9	
21	1	52,5	56,3	54,1	50	
	2	55	53,8	58,3	54,5	
	3	57,7	50,9	50,2	53,3	
	4	50	57,5	53,4	56,3	
22	1	85	89,3	92,3	88	
	2	83	85,3	90,8	88,8	
	3	82,5	84,9	89,1	80,4	
	4					
23	1	78,8	83,8	77,4	74,8	
	2	77,5	72,3	73,2	71	
	3	70,3	71,5	76,5	78,6	
	4	76	75,8	73,5	74	
24	1	48,8	42,5	43,8	48,3	
	2	47,5	47,8	48,6	48,1	
	3	45,2	47,4	46,3	47,3	
	4	45,5	46,3	44,9	45,1	
25	1	69,9	67,3	71		
	2	70,4	72,2	69,9		
	3	71	67,8	69,9		
	4	68,5	72,3	71,3		

Оцінити відтворюваність дослідів за наслідками випробувань на міцність при стисненні супіщаного ґрунту

Варіант	Серія дослідів	Результати випробувань на міцність при розтягуванні, $10^{-1}$ МПа		
		$Y_{i1}$	$Y_{i2}$	$Y_{i3}$
26	1	5,6	4,9	4,2
	2	2,8	2,8	2,8
	3	4,2	4,2	4,9
	4	2,7	2,7	2,7
	5	6,3	6,9	4,9
	6	2,3	2,4	2,3
	7	5,6	5,6	3,5
	8	2,3	2,7	2,7
	9	3,5	4,9	5,6

Оцінити відтворюваність дослідів за наслідками вимірювань витрати палива автомобілем ЗІЛ-130

Варіант	Серія дослідів	Результати вимірювань витрати палива, л/100 км				
		$Y_{j1}$	$Y_{j2}$	$Y_{j3}$	$Y_{j4}$	$Y_{j5}$
27	1	40	40,7	39		
	2	53	52,5	53,5		
	3	58,5	59	57,6		
	4	67,6	67	68,2		
	5	52,1	52,8	51,9		
	6	60,7	60,5	61,2		
28	1	63	64	63,5		
	2	71,2	70,7	71,8		
	3	72,4	71,8	73		
	4	43,1	43,8	42,1		
	5	57,8	57,3	58,3		
29	1	35	27	28	36	37
	2	39	40	28	36	35
	3	32	34	33	33	35
	4	30	3,1	34	28	30
30	1	27	26	28	27	
	2	30	25	27	29	
	3	25	24	28	28	

## ДОДАТОК І

Варіанти завдання для самостійного вирішення

**Практичне завдання №9.** Вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів. Прямолінійна залежність.

Вплив стандартного відхилення швидкості руху на шум прискорення.

Варіант	Стандартне відхилення швидкості, км/год										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Шум прискорення, м/с <sup>2</sup>										
1	0	0,1	0,23	0,3	0,45	0,53	0,71				
2			0,22		0,41		0,68		0,87		1,09
3	0	0,15	0,19	0,2	0,28	0,32	0,4		0,53		0,66
4	0		0,21		0,24		0,38		0,59		0,61
5	0	0,11	0,19	0,22	0,34	0,46	0,58	0,6	0,78		

Зміна емоційної напруженості водія при русі з різним шумом прискорення

Варіант	Шум прискорення, м/с <sup>2</sup>										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	Частота пульсу, в % до фону										
6		112		116	118	119		123		127	
7			114		117		121		124		128
8		114		119		125		132			
9			117		124		128		134		
10		113		121	124	126		133		135	

Залежність поперечних відхилень автопоїзда в горизонтальній площині від швидкості руху

Варіант	Швидкість автопоїзда, км/год												
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
	Величина відхилення, см												
11	17		21		27		30		36		39		44
12	17	20		24		29		32		38		41	
13	17	20		25		29		33	36		39		43
14	19		23		29		33		39		44		49
15		20		26		31		37		41		47	
16	18	20	24		29	32		38		40			
17	20		27		32		38		45		50		58
18		23		29		36		41		48		54	
19	21	23		29	33	36	38		44		50		

Залежність питомої витрати палива від шорсткості покриття

Варіант	Шорсткість, мм							
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
	Питома витрата палива %							
20	101,8	103,2	104,8	106	107,1	105	110,1	112
21	103	104,6	106,0	107,2	109	110,2		
22	104,4	106,1	107,2	109,1				
23	100,3	100,9	101,7	102,4	103,2	104,3	105,5	
24	101,1	102,1	103	103,8	104,6	105,5		
25			100,5	101,1	102,1	102,9	103,6	

Зміна середньої швидкості транспортного потоку при проїзді заготовчого пункту

Варіант	Інтенсивність руху транзитного потоку, авт/год								
	0	25	50	75	100	125	150	175	200
	Швидкість, км/год								
26	38	37	36	35	34	33	32	31	30
27	54	53	52	51	50,5	50,2	50	49,5	49
28	64	63	62	61,5	61	60,5	60,3	60,1	60
29	66	65	64	63,5	63,2	63	62,5	62,2	62
30	46	45	44	43	42	41	40,5	40	39,5

## ДОДАТОК К

Варіанти завдання для самостійного вирішення

**Практичне завдання № 10.** Вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів. Показова функція

Зміна частоти пульсу водія залежно від швидкості руху на мостах.

Варіант	швидкість, км/год										
	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
	Частота пульсу % до фону										
1		108	115	118		122					
2	106			113	117	122					
3			106	110		116	120				
4				106		111				120	
5					108		113	116		120	124
6				106		110	113		117	119	

Розподіл ДТП за видами на мостах різних габаритів

Варіант	Габарит моста, м				
	5	6	7	8	9
	Питома вага ДТП %				
	Наїзд на підприємство				
7	50	31	19	24	30
8	Наїзд на пішохода				
	9	14	24	40	59

Залежність частоти пульсу від рівності покриття при різних швидкостях

Варіант	Швидкість руху, км/ч	Рівність, см/км								
		20	40	60	80	100	120	140	160	180
		Частота пульсу, в % до фону								
9	60	103	104	104		105	105	106	107	109
10	75	104	104	105		107		113	118	
11	85	105	105	106	108	112	102			
12	95	105	106	108	112	116				

Залежність кількості автомобілів у групах і втрати часу автомобілями від інтенсивності руху

Варіант	Інтенсивність руху, авт/год						
	200	300	400	500	600	700	800
	Середня кількість автомобілів у групах, шт.						
13	1	2	3		5		12
14		2		4		8	12
15	Втрати часу, год						
	0,1	0,15	0,3	0,5	0,75	1	1,3
	0,2	0,3	0,5	0,8	1,4	2	

Залежність числа автомобілів, які очікують заправки, від числа заправних колонок і показника використання АЗС.

Варіант	Кількість колонок	Показник використання АЗС					
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
		Число чекаючих автомобілів, шт					
17	2	6	8	10	14	20	39
18	4	7	9	11	15	21	
19	6	8	11	12	16	24	
20	8	9	10	13	18	26	
21	10	10	12	15	19	28	
22	12	11	13	16	20	29	48

Дія бічного вітру на автомобіль, який рухається по кривій в плані

Варіант	Швидкість, км/год								
	0	20	40	60	80	100	120	140	160
	Зрушуюча сила % від маси автомобіля								
23	0,01		0,02	0,03	0,05	0,07	0,1		0,16
24	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08	0,14			0,2
25	0,04		0,06		0,08	0,15	0,2	0,26	
26	0,04		0,07		0,14	0,18	0,25		
27	0,01		0,03		0,09		0,15	0,18	

Залежність контрасту від взаємного розташування фар і очей водія

Варіант	Відстань між фарою і оком, м				
	0,5	1	1,5	2	2,5
	Контраст, н. ед.				
28	0	0,01	0,04	0,12	0,26
29	0,01	0,04	0,12	0,25	
30	0,02	0,07	0,2	0,32	

## ДОДАТОК Л

Варіанти завдання для самостійного вирішення

**Практичне завдання № 11.** Вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів. Вирівнювання рядів по поліному

Залежність забруднення повітря окислом вуглецю від швидкості руху автомобіля

Варіант	Швидкість км/год							
	20	30	40	50	60	80	90	100
	Зміст окислу вуглецю %							
1	175		120		95		110	
2	175	142		110		100		
3		240	180		115		95	
4		240		140		110		100

Залежність відносної аварійності від швидкості

Варіант	Швидкість км/год							
	16	32	48	64	80	96	112	128
	Число автомобілів, шт./млн. пробігу							
5	260	160	26	8	5	3	6	1,6
6		162		8		4		1,6
7		160	17	6	3	2,2	1,4	0,5
8		163	16	7	4	1,1		0,4

Залежність коефіцієнта забезпеченості розрахункової швидкості від радіуса кривих у плані, ухилу віража і стану покриття.

Варіант	Ухил віража, %	Коефіцієнт зчеплення	Радіус кривої, м									
			0	100	200	300	400	500	600	700	800	1000
			Коефіцієнт забезпеченості, н. ед.									
9	60	0,4	0	0,75	1							
10		0,3	0	0,55	0,8	1						
11		0,2	0	0,4	0,68	0,81	0,95					
12		0,1	0	0,3	0,5	0,62	0,75	0,83	0,9	0,96		
13		0,05	0	0,24	0,39	0,51	0,6	0,69	0,76	0,8	0,88	1
14	40	0,3	0	0,5	0,8	0,9						
15		0,2	0	0,4	0,65	0,8	0,93	1				
16		0,1	0	0,28	0,48	0,6	0,72	0,8	0,86	0,92	0,98	
17		0,05	0	0,25	0,4	0,49	0,58	0,63	0,7	0,78	0,81	0,9
18	20	0,4	0	0,61	0,89	1						
19		0,3	0	0,5	0,73	0,89						
20		0,2	0	0,4	0,61	0,74	0,89	0,98				
21		0,1	0	0,29	0,45	0,54	0,64	0,7	0,78	0,84	0,9	1
22		0,05	0	0,24	0,35	0,43	0,51	0,61	0,68	0,71	0,74	0,79

23	-20	0,4	0	0,5	0,81	0,98						
24		0,3	0	0,4	0,68	0,8						
25		0,2	0	0,34	0,54	0,66	0,8	0,89	0,98			
26		0,1	0	0,2	0,29	0,34	0,41	0,49	0,53	0,58	0,61	0,68
27		0,05	0	0,15	0,24	0,29	0,34	0,40	0,44	0,49	0,5	0,52

#### Залежність собівартості перевезень від поздовжнього ухилу

Варіант	Тип автомобіля	Ухил дороги, ‰					
		0	20	40	60	80	100
		Коефіцієнт собівартості, н. ед.					
28	Автопоїзд	0	1,2	1,5	1,8	2,4	2,8
29	Вантажні	0	1,1	1,3	1,5	1,8	2,2
30	Легкові	0	1	1,1	1,2	1,3	1,5



## Варіанти завдань для самостійного вирішення

**Практичне завдання № 12.** Опис дослідних даних за нормальним законом розподілу.

Виконати статистичну обробку результатів спостережень за швидкістю вільного руху автомобілів

Варіант	Розряди швидкості, км/год								
	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60
	Частоти, шт.								
1	5	12	37	73	105	84	29	9	3
2	5	11	36	71	105	80	27	10	4
3	6	10	31	68	101	76	22	8	5
4	5	14	30	61	97	71	24	11	4
5	4	13	40	65	82	71	36	11	3
	Розряди швидкості, км/год								
	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65
	Частоти, шт.								
6	5	12	37	73	105	84	31	8	4
7	5	11	36	71	106	80	27	10	4
8	6	10	31	68	101	76	22	8	5
9	5	13	30	63	97	70	24	11	4
10	4	13	40	65	82	71	36	11	5
11	5	7	45	70	93	61	36	11	6
12	5	17	42	78	100	89	34	14	4
13	5	14	39	75	107	86	31	11	6
14	4	12	36	73	106	84	27	8	4
15	5	10	36	68	106	76	27	8	6
16	6	13	31	63	101	70	22	11	5
17	5	13	30	65	97	71	24	11	4
18	5	10	37	68	105	76	31	8	4
19	5	17	37	68	106	89	31	14	6
	Розряди швидкості, км/год								
	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	80-85	85-90	90-95
	Частоти, шт.								
20	5	13	36	64	104	84	29	9	4
21	6	13	38	74	110	81	30	10	4
	Розряди швидкості, км/год								
	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	80-85	85-90
	Частоти, шт.								
22	5	13	36	74	104	81	29	10	4
23	5	17	40	78	115	86	34	14	6
24	5	17	40	78	115	86	34	8	4
25	4	13	40	65	82	71	36	11	5

26	5	13	30	63	97	70	24	11	4
----	---	----	----	----	----	----	----	----	---

Провести статичну обробку середньої експлуатаційної швидкості автобусів на міжнародних маршрутах

Варіант	Розряди швидкості, км/год								
	23- 26,5	26,5- 30	30- 33,5	33,5- 37	37- 40,5	40,5- 44	44- 47,5	47,5- 51	51- 54,5
27	3	14	38	48	61	38	7	6	
28	5	19	38	48	56	40	16	5	
29	5	18	38	45	61	42	7	5	
30	5	17	36	48	61	40	7	5	

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до самостійної роботи і виконання практичних занять з дисципліни «Основи наукових досліджень» для студентів напрямку підготовки 1004 (6.070101) - «Транспортні технології»

Укладач: Дмитро Миколайович Рославцев.

Редактор: М.З. Аляб'єв

План 2009 , поз. 572 М

Підп. до друку 02.07.09	Формат 60x84 1 /16	Папір офісний
Друк на ризографі.	Умовн.-друк. арк. 4,3	Обл.-вид. арк. 4,5
Тираж 50 прим.	Замовл №_____	

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ

61002, Харків, вул. Революції, 12